



Kapitel 4 - Lærervejledning

Medicinsk billeddannelse - stiller skarpt på din sygdom og behandling

Øvelse 4.1: Du er, hvad du spiser – nu med billeddannelse

Tidsforbrug

4x45 minutter. Alle dele behøver ikke blive udført på samme dag. Kødet bør sættes på køl eller fryses ned i mellemtiden.

Baggrundstekst

Billeddannelse

Afsnit om MR og røntgen

Beskrivelse

I denne øvelse får eleverne praktisk erfaring med kroppens byggesten. De skal undersøge muskler, knogle og marv med deres sanser og med fysiske principper som densitet og fedt- og vandindhold. Øvelsen er for overskuelighed delt op i 4 dele, som beskrevet nedenfor.

Del 1: Kroppens opbygning

Denne deløvelse giver et indtryk af byggestenene i vores egen krop, og hvor forskellige disse er.

I denne del undersøger eleven det udleverede stykke kød med deres egne sanser. De skal identificere forskellige områder af kødet og skære det ud i mindre stykker. Eleverne skal ved at røre ved kødet, mærke konsistens, kigge på farve og veje det i hænderne og komme med bud på densitet, fedt og vandindhold.

Del 2: Røntgenbilledet og densitet

I denne del skal eleven tjekke om deres bud på densitet fra del 1 stemmer overens med virkeligheden. Densiteten bestemmes ud fra rumfang og vægt. Ved at koble densitet til absorption af røntgenstråling kan eleven forudse, hvordan et røntgenbillede af kødet vil se ud.

Del 3: Billedet og vand- og fedtindhold

I denne del tjekker eleven om deres bud på fedt- og vandindhold fra del 1 stemmer overens med virkeligheden.

Del 4: Opsummering

I den afsluttende del udleveres billederne af et lignende stykke kød optaget med rigtig røntgen og MR. Eleven kan nu sammenligne sine egne resultater med disse og diskutere fordele og ulemper ved de to typer billeddannelse.

Forklaringer

Del 1: Kroppens opbygning

Muskler består primært af vand (ca. 75 %), protein (ca. 20 %) og fedt (ca. 1-10 %).

Knogler består af ca. 25 % mineralisk materiale (primært kalcium) og 75 % organisk materiale (primært kollagen). Der er også en lille smule vand.

I knoglens hulrum findes knoglemarven. Knoglemarven er blød og lidt blævrede. Der er to former for knoglemarv. Rød marv, som mest består af blodlegemer og forstadier til blodlegemer. Gul marv, består mest af gule fedtceller. Børn har stort set kun rød marv i deres knogler, hvor voksne personer hovedsageligt har gul knoglemarv. I denne øvelse arbejdes med kødstykket Osso Buco, som er udskåret fra koens ben, hvor der er gul knoglemarv - afhængig af koens alder ved slagtning.

Eleven kan måske også identificere en blodåre, bindevæv eller nerver på det udleverede stykke.

Del 2: Røntgenbilledet og densitet

Røntgenstråling er elektromagnetisk stråling med høj frekvens og dermed meget energi. Strålingen stoppes, når den kolliderer med atomerne i kroppen. I atomet befinder elektronerne sig omkring atomkernen i det, der kaldes en elektronsky, det er dem, som røntgenstrålingen rammer. I et materiale med høj elektrondensitet er der mange elektroner på lidt plads. I sådanne materialer er der større sandsynlighed for, at røntgenstrålingen rammer en elektron på sin vej og bliver standset.

Det er ikke så nemt at måle elektrondensiteten direkte, men heldigvis er elektrondensitet proportional med densitet. Densiteten kan bestemmes ud fra ligningen:

$$\text{Densitet} = \frac{\text{vægt}}{\text{rumfang}}$$

Densitet tabelværdier¹: Muskel: 1.06 g/cm³, Fedt: 0.94 g/cm³, Knogle: 1.9 g/cm³

Del 3: Billede og vand- og fedtindhold

Eleverne skal finde ud af hvor meget fedt og vand, der er i kroppens forskellige væv. Det gøres ved at veje vævet før og efter opvarmningen. Når kroppens væv bliver udsat for høj varme (for eksempel i en mikrobølgeovn) tilføres den energi. Den energi vil få vand til at fordampe og fedt til at smelte.

Del 4: Opsummering

Røntgen og MR-billeder bruges til vidt forskellige formål. Dette skyldes, at billederne bygger på forskellige teknikker og derfor fremhæver forskellige væv. Det ses tydeligt, da de to billeder næsten er omvendte.

Knoglen lyser op på røntgenbilledet, mens den er helt sort på MR-billedet.

MR er god til at visualisere bløddele, mens røntgen bruges til at se knogler. Derfor bruges MR naturligvis ikke til brækkede knogler, men i stedet til at undersøge hjernen for blødninger, tumorer eller anden sygdom eller til knæ ved mistanke om korsbåndsskader. Røntgen bruges hos tandlægen til at finde huller, mens hospitalet bruger det til at se f.eks. knoglebrud.

Gode råd til øvelsens udførelse

- Til dette forsøg skal der bruges et stykke Osso Buco per gruppe. Kødet kan købes i de fleste større supermarkeder eller hos slagteren. Det er optimalt at eleverne arbejder i mindre grupper af 3-4 elever.
- Del 3: Hold øje med mikrobølgeovnen undervejs. Der bliver varmt, og vandet kan koge over. Skift evt. til koldt vand undervejs.

Fagområder der dækkes: Biologi, fysik og kemi

Fysik og kemi:

- Eleven har viden om stråling
- Eleven har viden om atomkernen og elektronsystemet
- Eleven kan beskrive anvendelsen af lyd og lys i medicinsk og teknologisk sammenhæng

Biologi:

- Eleven kan undersøge bevægeapparat, organer og organsystemer ud fra biologisk materiale.

Hvad får eleverne ud øvelsen:

Eleverne har efter denne øvelse stiftet bekendtskab med forskellige vævstyper, og hvordan de ser ud på to forskellige billeddannelsestyper.

Eleverne stifter bekendtskab med begreber som densitet og vandindhold, og hvordan det bestemmes. Desuden får eleven en fornemmelse af, hvordan densitet, vand- og fedtindhold er relateret til vævets udseende og konsistens.

Øvelse 4.2: Fra ekko til billede – medicinsk ultralyd

Tidsforbrug

Fire lektioner af 45 minutter. Øvelsen er inddelt i 4 deløvelser. Det giver det bedste flow, hvis alle deløvelserne udføres, men ved tidsmangel kan en af de praktiske deløvelser undlades.

Beskrivelse

Denne øvelse gennemgår forskellige elementer af teorien bag ultralyd.

Øvelsen er delt op i 4 deløvelser. De første to er praktiske øvelser, der illustrerer fænomener som refleksion og afstandsbedømmelse ved hjælp af boldkast. Bolden bruges som analogi for ultralyden.

Den næste del af øvelsen relaterer refleksion og afstand til ultralyd, og undersøger, hvordan ultralydsbilledet dannes.

I den sidste del, relateres teorien til rigtige ultralydsbilleder.

Baggrundstekst

- Kapitel 4.
- Afsnittet om ultralyd.

Forklaringer

Del 1:

Der er ingen, der bliver overrasket over, at en bold hopper tilbage, når man kaster den ned i jorden. Der er heller ingen, der bliver overrasket over, at man skal kaste hårdere, for at bolden hopper tilbage, hvis bolden mangler luft, eller hvis underlaget er blødt. Det er præcis det samme, der sker med lyd. Hvis du gerne vil høre et klart ekko, når du råber, skal dit råb ramme en hård overflade, som for eksempel i en gangtunnel eller en bjergside. På medicinsk ultralyd fås de klareste refleksioner for eksempel fra overgange mellem muskel og knogle.

Del 2:

I denne deløvelse skal du arbejde med refleksion af lyd. Du skal gøre det ved at kaste med tennisbolde. Du skal undersøge, hvad afstanden mellem lydkilden og det der rammes af lyden betyder for, hvornår refleksionen kommer tilbage til lydets udgangspunkt. I stedet for lyd bruger du en bold. Når afstanden mellem kaster og mur øges og alt andet holdes konstant, vil det tage længere tid, før bolden kommer tilbage. Det samme er gældende for ekkoet fra ultralyden. Hvornår ekkoet modtages kan derfor bruges til at bestemme, hvor langt fra transduceren objektet er. Den information bruger softwaren i ultralydsapparatet, til at danne det billede du kan se på skærmen på apparatet.

Den sidste del af øvelsen er regneopgaver. De handler om sammenhængen mellem hastighed, tid og afstand, når en bold eller lyd reflekteres:

- 2-tallet indikerer, at ultralyden både skal frem og tilbage på den målte tid.

$$\text{ii. 1. } \text{hastighed} = \frac{2 \cdot \text{afstand}}{\text{tid}} \Leftrightarrow \text{tid} = \frac{2 \cdot \text{afstand}}{\text{hastighed}} = \frac{2 \cdot 1\text{m}}{\frac{10\text{m}}{\text{s}}} = 0,2 \text{ s}$$

$$2. \text{ hastighed} = \frac{2 \cdot \text{afstand}}{\text{tid}} \Leftrightarrow \text{tid} = \frac{2 \cdot \text{afstand}}{\text{hastighed}} = \frac{2 \cdot 5\text{m}}{\frac{10\text{m}}{\text{s}}} = 1 \text{ s}$$

Dermed er det tydeligt, at afstanden har en betydelig indflydelse på, hvornår ekkoet/bolden kommer tilbage.

iii. Afstanden isoleres i ligningen.

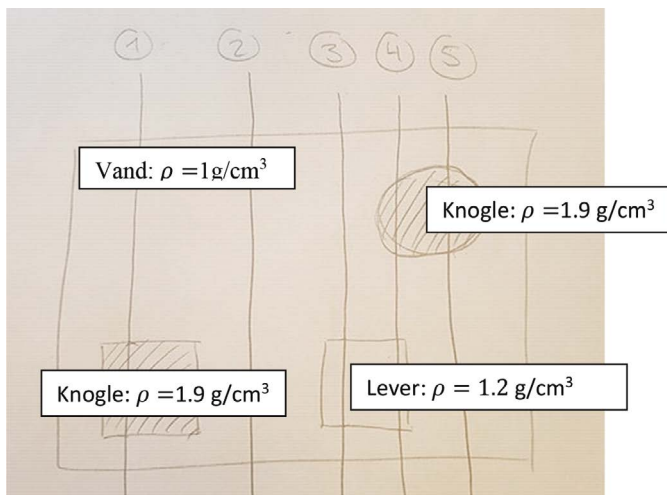
$$\text{hastighed} = \frac{2 \cdot \text{afstand}}{\text{tid}} \Leftrightarrow \text{afstand} = \frac{\text{tid} \cdot \text{hastighed}}{2} = \frac{0,0001\text{s} \cdot \frac{1540\text{m}}{\text{s}}}{2} = 0,077\text{m} = 7,7\text{cm}$$

Del 3:

Når man laver et ultralydsbillede, udsendes der mange ultralydsbølger. Billedet dannes ud fra tiden det tager fra bølgen udsendes, til den er reflekteret og vender tilbage til transduceren. Men der er en anden faktor, som også er vigtig for at få et billede, der giver mening. Refleksionen af lyden afhænger nemlig ikke kun af afstand, men også af hvilket materiale lyden rammer. Størrelsen på ultralydsbølgen ændrer sig alt efter hvilken overflade, der reflekterer lyden.

Rammer lyden en hård overflade, reflekteres lydølgen klart. Rammer lyden derimod en blødere overflade, er refleksionen af lyden mere mudret.

Det er vigtigt at huske, at når lyd rammer en overgang vil en del af den reflekteres, men en del vil også fortsætte. Ligesom når du kigger ind i et vindue, vil du både kunne kigge igennem det, men også ofte se en refleksion af dig selv. For ultralydsbilledet betyder det, at det samme objekt vil have to refleksioner. På figuren nedenfor fås både en refleksion ved overgangen fra vand til objekt (knogle eller lever), og igen når ultralyden går fra objekt (knogle eller lever) til vand. Refleksionerne er markeret med rød.



Sammenlign linjerne - Hvor store er refleksionerne, og hvilken refleksionsbølge modtages først?

- 1: Der udsendes en enkel ultralydsbølge og modtages 2 refleksionsbølger.
- 2: Der udsendes en enkel ultralydsbølge og modtages 0 refleksionsbølger.
- 3: Der udsendes en enkel ultralydsbølge og modtages 2 refleksionsbølger.
- 4: Der udsendes en enkel ultralydsbølge og modtages 4 refleksionsbølger.
- 5: Der udsendes en enkel ultralydsbølge og modtages 2 refleksionsbølger.

1 og 5: Refleksionerne fra de to er lige store, da densiteten er den samme. Ultralydsbølgen fra 5 kommer dog hurtigere tilbage til transduceren, da dette objekt er tættere på.

I praksis vil ultralyden dæmpes undervejs på grund af partikler i vandet, der ved refleksion spreder en lille del af ultralyden i alle retninger.

4 og 5: Begge ultralydsbølger reflekteres samtidig og lige meget fra knogleovergangene. Ultralydsbølgen fra 4 fortsætter og rammer leveren. Også her reflekteres bølgen. Denne overgang er dybere, og refleksionen herfra vil derfor blive modtaget senere.

I 4 udsendes en enkel ultralydsbølge, men der modtages 4 refleksionsbølger forskudt i tid. 5 modtager kun 2 refleksionsbølger, da den kun kommer gennem knogle.

1 og 3: Refleksionsbølger fra de to objekter modtages samtidigt, da objekterne ligger lige langt fra transduceren. Densitetsforskellen mellem vand og knogle er dog større end forskellen mellem vand og lever, og refleksionsbølgerne fra linje 1 er derfor størst.

Del 4:

I denne del af øvelsen ses et par eksempler på rigtige ultralydsskanninger. Disse skanninger er meget tydelige, men det er ikke altid tilfældet med ultralydsbilleder. Det kan derfor være svært overhovedet at se, hvad ultralydsbilledet viser, hvis man ikke er vant til at kigge på dem.

Ultralyd kan optages fra mange vinkler, og ved at optage en film får man en bedre idé om de omkringliggende strukturer, og dermed hvad billedet viser.

At ultralyd kan optage mange billeder hurtigt efter hinanden, som kan laves til en film, gør det også muligt at undersøge kroppens funktioner. Et eksempel er undersøgelse af hjerteklappernes evne til at lukke tæt sammen. Ved ultralyd kan man optage en hel hjerteslagscyklus og se præcis, hvilken klap der ikke lukker og hvornår.

Gode råd til øvelsens udførelse

Del 1: Nogle skoler har tæppeprøver i idrætshallen. Disse prøver giver en nem og hurtig måde at vise, at underlaget har indflydelse på refleksionen ved blot at stable tæppeprøverne. For hvert lag reflekteres bolden mindre.

Fagområder der dækkes

Biologi, fysik og matematik.

Hvad får eleverne ud af øvelsen

Eleven får en introduktion til de bagvedliggende principper for ultralyd. De stifter bekendtskab med begreber som lyd, bølger og ekko og kan ud fra disse forstå, hvordan et ultralydsbillede dannes. Der perspektiveres desuden til anvendelse af medicinsk ultralyd ved at kigge på ultralydsbilleder af babyer - da det er dette, de fleste forbinder med ultralyd.

Øvelse 4.3: Hjælp kirurgen

Tidsforbrug

45 minutter

Baggrundstekst

Introduktionen til kapitlet om billeddannelse og afsnittet om MR.

Beskrivelse

Denne øvelse giver et eksempel på, hvordan billeddannelse bidrager til andre dele af sygehusvæsenet. Som pejlemærke, for hvad der henholdsvis er raskt og sygt væv, kan man nemlig bruge billeddannelse. Selv med billeddannelse er det ikke altid nemt at se forskel på raskt og sygt væv.

DEL 1:

I denne øvelse skal eleven først og fremmest identificere et sygt område, knuden, på et MR billede. Det er ikke nødvendigvis indlysende for eleven, hvor knuden er, da de sandsynligvis aldrig har set en hjerne indeni. Eleven skal tegne omridset af, hvad de tror, er det syge område. Ved at sammenligne med det de andre elever har omridset gives en ide om, hvor svært og subjektivt differentieringen mellem syge og raske områder er.

Denne øvelse er et lille udsnit af en øvelse udført på et amerikansk universitet, som resulterede i følgende udgivelse:

Xu, Z., Asman, A. J., Singh, E., Chambless, L., Thompson, R., & Landman, B. A. (2012). Segmentation of malignant gliomas through remote collaboration and statistical fusion. *Medical Physics*, 39(10), 5981-5989. <https://doi.org/10.1118/1.4749967>

Forklaringer

Det er vigtigt, at der hverken tages for meget eller for lidt hjernevæv med, når man fjerner syge områder fra hjernen. Hvert eneste område i hjernen er essentiel for specifikke funktioner, og ved beskadigelse eller fjernelse ændres disse funktioner. Hjernen er i stand til at gendanne sig til en vis grad, men graden afhænger af placeringen og genoptræning.

Kanten på knuden er sjældent helt jævn, hvilket gør det vanskeligere at bedømme, hvad der er tumor, og hvad der er sundt hjernevæv.

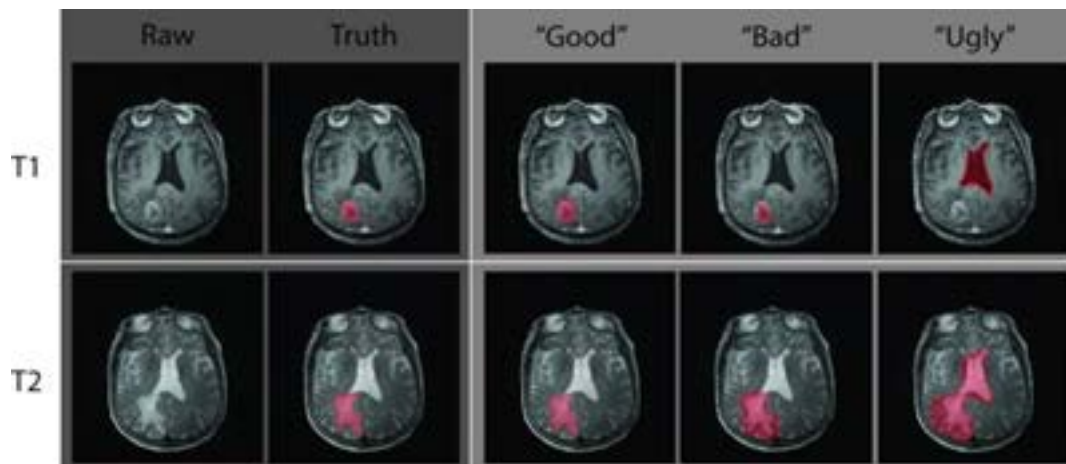
Denne knude ligger i nakkelappen. I denne del af hjernen ligger synsområdet, så hvis der bliver taget for meget væv med kan det give synsproblemer.

Gode råd til øvelsens udførelse

På dette MR billede fremstår ventriklerne hvide og smelter næsten sammen med det syge område. Ventriklerne er det centrale system, hvori cerebrospinalvæsken cirkulerer. Cerebrospinalvæsken er en klar og farveløs væske i og omkring centralnervesystemet. Det er altså helt almindelig hjerne-anatomi at have ventrikler, og det er på grund af optageteknikken, at de er hvide. Når eleverne skal markere det syge område, vil de i første omgang måske vælge at tegne ventriklerne som det syge område.



Eleverne vil opdage, at det er svært at afgøre, hvor grænsen mellem sygt og raskt væv går. De kan overveje, om det er bedst at få det hele med, eller om det er bedre at lade lidt sygt væv være tilbage for at skåne de omkringliggende raske områder, men med risikoen for at sygdommen kommer igen.



DEL 2:

I denne øvelse skal eleven bruge en reference til at bedømme, om en patient er syg eller rask. Overgangen mellem syg/rask er tit flydende, og der er som oftest ikke et entydigt svar. I sundhedsvæsenet bruger man derfor ofte en reference for, hvornår noget er raskt. Referencen er det bedste bud på, hvordan raskt væv ser ud, men der kan stadig godt være nogle, der er syge, selvom vævet har en rask farve. Der kan også være nogle, der er raske, selvom deres væv har en lidt anden farve end hvad man normalt ser. Men referencen er valgt ud fra at det er den farve eller værdi, som giver færrest forkerte svar til patienten. Et forkert svar kalder man "falsk positiv" og "falsk negativ". "Falsk positiv" er en diagnose givet til patient uden patienten er syg. "Falsk negativ" er en raskmelding, hvor patienten i virkeligheden er syg.

Hvis man ændrer referencen, vil man også ændre forholdet mellem falsk positive og falsk negative. I denne øvelse kunne referencen gøres lysere, hvormed flere patienter ville blive anset som værende syge - dog ændres antallet af patienter, der rent faktisk er syge ikke, altså må antallet af "falsk positive" øges. Man vil dog også få behandlet nogle flere syge, som ikke vil være blevet opdaget med den gamle reference.

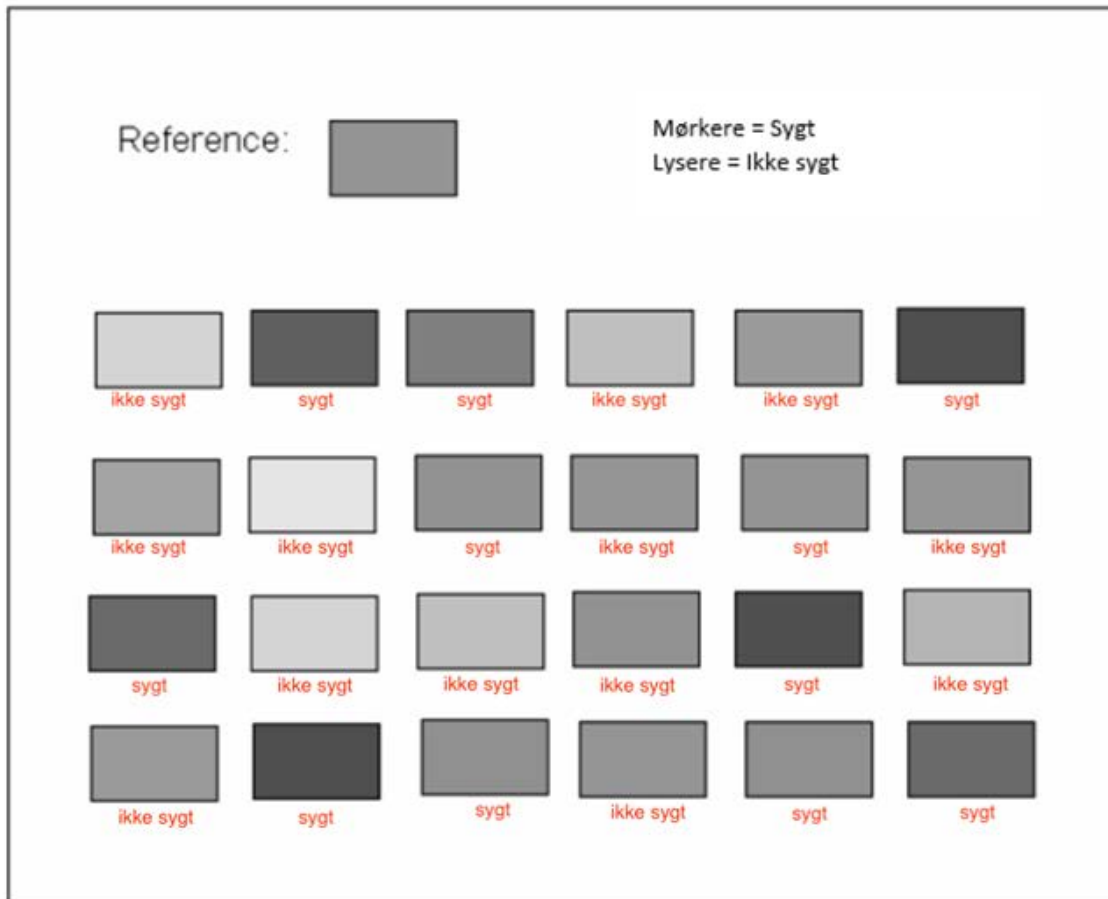
Denne øvelse fungerer, som oplæg til en diskussion om, hvad der er at foretrække: Er det bedre at behandle en rask med risiko for bivirkninger eller at en syg ikke behandles og sygdommen derfor udvikles? Hvis kravene øges vil man muligvis rede flere, men samtidigt også øge antallet af falsk positive og dermed gøre flere unødigt bekymrede.

Forklaringer

På side 9 ses figuren med "sygt/ikke sygt" angivelser for hver enkel patient.

En del af "patienterne" har en farve meget tæt på referencen. Der er dog ikke nogle af dem, der er helt den samme farve som referencen, men det kan være svært at vurdere med det blotte øje. Dette er en vigtig pointe i øvelsen, da der typisk ikke er et entydigt svar på en prøve. Det kræver tit erfaring og en subjektiv vurdering, som også guides af en masse anden viden lægen har.

Her er 13 "ikke sygt" og 11 "sygt", men det er forventeligt, at eleverne er i tvivl om cirka halvdelen. Desværre afhænger denne del af øvelsen også en del skolens printer, da printeren måske ikke kan printe hver tone præcist.



Et "falsk negativ" svar giver patienten falsk tryghed. Behandling bliver ikke påbegyndt rettidigt, og sygdommen får lov til at udvikle sig.

Omvendt vil et "falsk positiv" svar give patienten en masse bekymringer og måske resultere i, at unødvendig behandling påbegyndes.

Fra en samfundsøkonomisk vinkel er overbehandling dyrt, men ved falsk negative svar vil manglende behandling måske resultere i at sygdommen udvikler sig, som medfører mere behandling eller varige men, som igen er dyrt samfundsøkonomisk.

Fagområder der dækkes

Biologi, matematik (procent regning)

Hvad får eleverne ud øvelsen

Eleverne vil få et indblik i samspillet mellem teknologi og lægevidenskab i det danske sygehusvæsen. Nogle konklusioner er ikke blot sand/falsk og kræver derfor det menneskelige øje og meget erfaring.

Øvelse 4.4: Forstørrelse i Røntgen

Tidsforbrug

To lektioner af 45 minutters varighed.

Beskrivelse

I denne øvelse kan eleven arbejde med, hvordan de får taget det bedste røntgenbillede. De kan undersøge, hvad det betyder for billedet, at røntgenkilden er langt fra den arm eller ben, der skal tages et billede af. I øvelsen bruges en lampe til at illustrere kilden. Som arm eller ben bruges et stykke pap med en geometrisk form eleverne kan regne på. Når lampen lyser på pappet dannes der skygger, det er elevernes røntgenbillede.

Eleverne skal bruge viden om geometriske former. For eksempel ensvinklede trekanter. På den måde kan de regne ud, hvor meget skyggen er større end papstykket.

Eleven skal til sidst bruge denne viden til at bestemme den optimale placering af forskellige dele af kroppen i forbindelse med røntgen.

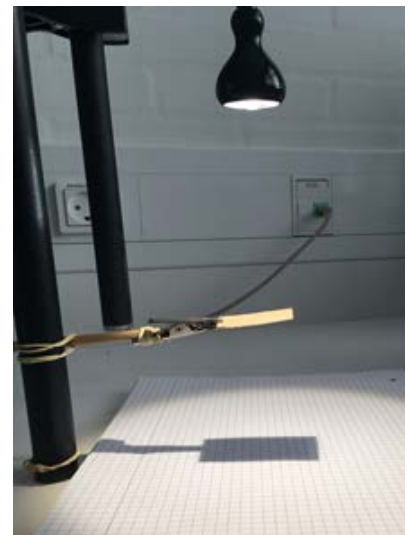
Alle resultaterne kan opnås praktisk ved brug af forsøgsopstillingen eller teoretisk ved viden om ensvinklede trekanter og isolering af ligninger.

Baggrundstekst

Afsnittet om Røntgen i kapitel 4.

Sådan gør I

Eleverne stiller forsøget op som vist på billedet.



Hvis eleverne måler rigtigt, skulle de gerne få cirka disse værdier for sidelængden af skyggerne:

Sidelængde		
	20 cm mellem lampe og papir	35 cm mellem lampe og papir
Firkant: 4x4 cm	6,1 cm	5 cm
Firkant: 2x2 cm	3,1 cm	2,5 cm

Forstørrelsesfaktoren udregnes som forholdet mellem skyggen og papstykket.

Forstørrelsesfaktor		
	20 cm mellem lampe og papir	35 cm mellem lampe og papir
Firkant: 4x4 cm	$6,1/4=1,5$	$5/4=1,25$
Firkant: 2x2 cm	$3,1/4=1,6$	$2,5/2=1,25$

Der er plads i øvelsen til en smule måleusikkerhed. Men det er klart en fordel, hvis eleverne er så præcise med deres målinger som muligt.

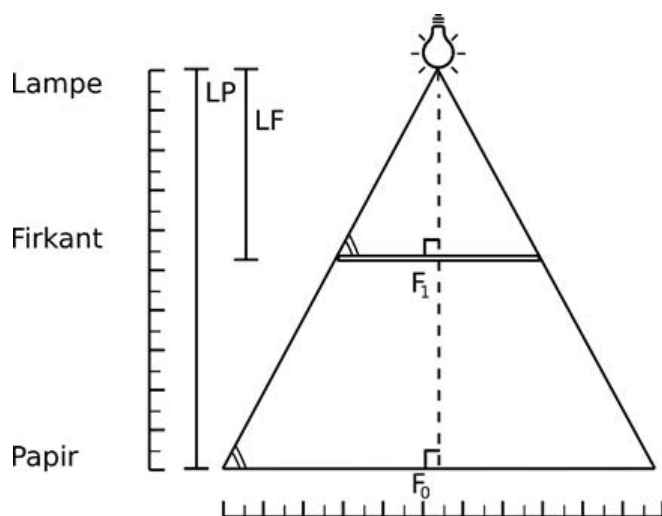
Nedenfor gennemgås udledningen af størrelsesforhold i ensvinklede trekanter.

Når lampens højde er 35 cm over underlaget og firkanten 7 cm over underlaget.

Hvad er så afstanden mellem lampe og firkant? SVAR: 35 cm - 7 cm = 28 cm

Del afstanden lampe-underlag med det tal du lige har fundet. SVAR: 35 cm / 28 cm = 1,25 altså samme værdi som blev fundet ved måling med lineal.

Ved forholdsvis præcis opsætning af forsøget vil målingerne på skyggen naturligvis give de samme størrelsesforhold, som man finder ved trekantsberegningen. Pointen, om at forstørrelsen afhænger af afstanden mellem objektet og detektoren, er en vigtig pointe i forhold til røntgen, da et røntgebillede af samme objekt vil være forskellige alt efter, hvor objektet placeres i forhold til røntgenkilden.



Spørgsmål

I hvilken højde skal du placere lampen for at måle skyggen af et objekt på 4 cm til at være 5 cm, når det er placeret 2 cm over underlaget?

Svaret kan findes ved beregning eller ved at prøve sig frem med forsøgsopstillingen.

Ved beregning opstilles ligningen for forstørrelsesfaktoren (k) ud fra afstandene fra lampe til papir (LP) og lampe til firkant (LF). Det anbefales at sætte LP til x således:

$$k = \frac{LP}{LF} = \frac{x}{x-2} \quad 4\text{cm} = 5\text{cm} \Leftrightarrow$$

$$4\text{cm} \cdot x = 5\text{cm} (x-2\text{cm}) \Leftrightarrow 4\text{cm} \cdot x = 5\text{cm} \cdot x - 10\text{cm}^2$$

$$x = 10\text{cm}$$

Find størrelsen af ukendt objekt

Hvis man har store objekter som placeres for tæt på lyskilden kan det forekomme, at størrelsesforholdet forvrænges, da lyskilden ikke er koncentreret nok.

Størrelsen af det nye ukendte objekt må ikke være for lille, da forstørrelsen da bliver for lille i forhold til måleusikkerheden.

Begrænsninger

Prøv at tage lampen meget højt op. Hvad sker der med skyggen? Hvorfor kan det være et problem i røntgenbilleder?

Alt efter lyskilden og andre lyskilder i rummet, vil firkanten blive svagere jo længere væk lyskilden kommer fra papiret.

Udfordringen, i forbindelse med rigtige skanninger, vil være at opnå det optimale kompromis mellem at få en lille forstørrelse (kilden langt væk) og en høj intensitet (kilden tæt på). Bliver forstørrelsen for stor, kan forskellige objekter i billedet overlappe og gøre tolkningen vanskelig. Hvis billederne bliver for svage, kan man ikke se de små detaljer, og små brud kan derfor overses.

Den virkelige verden

Denne del af øvelsen lægger op til, at eleven bruger den viden, han/hun har opnået i øvelsen.

SPØRGSMÅL: En patient kommer på skadestuen, og der er mistanke om, at han har brækket armen. Der skal tages et røntgenbillede. Ud fra hvad du lige har lært, hvor ville du så placere armen i forhold til røntgen kilden for at få det bedste billede?

SVAR: Hvis du for eksempel skal tage et billede af en arm, der måske er brækket, fås det skarpeste billede, når armen placeres direkte på "film-underlaget". Røntgenkilden skal placeres ud fra et kompromis. På den ene side skal den langt væk, så forstørrelsen forbliver lille, men omvendt skal den tæt nok på, så strålingen ikke er blevet for svag til at komme hele vejen igennem kroppen.

SPØRGSMÅL: I brystkassen findes forskellige organer, som alle projiceres ned på et enkelt billede. Hvilke udfordringer kan det give, at organer og knogler ikke har lige langt til underlag og røntgenkilde?

SVAR: Når man tager et røntgenbillede af brystkassen kan dele af billedet blive forvrænget. For eksempel bliver hjertet meget stort i forhold til rygsøjlen, fordi hjertet er tættere på røntgenkilden end rygsøjlen. Det betyder også, at man ikke kan måle størrelsen af hjertet direkte på billedet uden at tage højde for forstørrelsesfaktoren, der i praksis kan være svær at beregne.

Gode råd til øvelsens udførelse

- Grupperne skal være så små som muligt, gerne kun 3.
- Det er umuligt at undgå fejkilder i dette forsøg. Lyskilden i lommelygten er ikke ret koncentreret, og det er svært at placere både lommelygte og firkant præcist. For at måleusikkerheden ikke får for stor indflydelse, skal man ikke bruge for små afstande. Man skal især være opmærksom på ikke at placere firkanten for tæt på lampen.

Fagområder der dækkes

Geografi, fysik og kemi

Eleven arbejder med følgende læringsmål inden for:

Geometri

Lys og heriblandt røntgen

Hvad får eleverne ud af øvelsen

Eleven får viden om forstørrelse, lys og stråling. Øvelsen giver desuden eleven indblik i de overvejelser, der gøres i forbindelse med optagelse af et røntgenbillede.



Øvelse 4.5: Under huden med CT

Tidsforbrug

2x45 minutter (Afhængigt af hvor meget software, der skal installeres).

Baggrundstekst

Afsnittet i kapitel 3 om CT skanning.

Beskrivelse

I denne øvelse får eleven mulighed for at undersøge kroppen ud fra en CT-skanning af et menneske. I programmet kan eleverne selv klikke rundt og se forskellige dele af kroppen fra mange forskellige vinkler. Det giver eleven en større forståelse, for de fordele et tomografisk 3D-billede har i forhold til det normale 2D røntgenbillede. Desuden giver øvelsen en biologisk viden om kroppens anatomi.

Program: RadiAnt er et gratis program, der gør det muligt at vise medicinske billeder. Medicinske billeder gemmes nemlig i et særligt format kaldet DICOM. Programmet minder om de programmer, radiologerne bruger på hospitalerne. RadiAnt kan nemt downloades til Windows computere. Nederst i denne lærevejledning er en vejledning til installering af programmet.

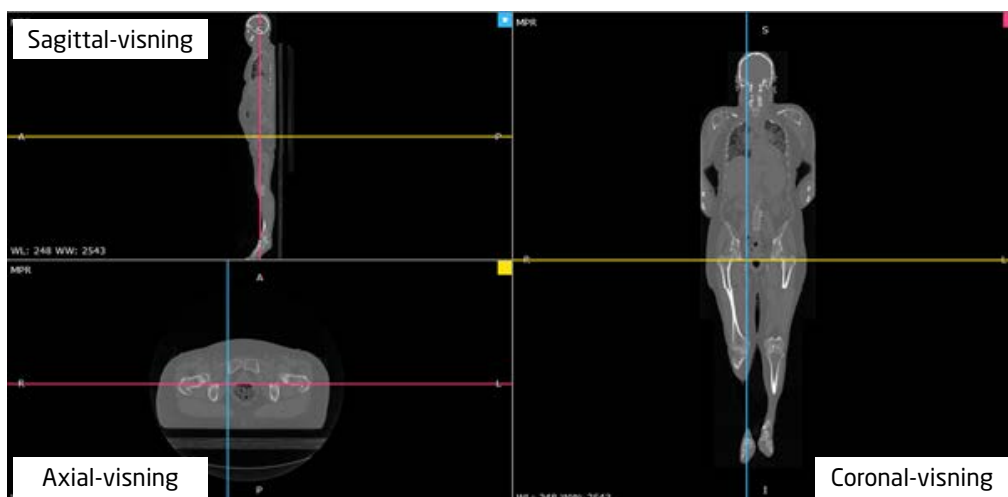
Billeder: CT-billederne er en del af *the Visible Human Project*, som er en komplet, anatomisk detaljeret, tredimensionel repræsentation af både den mandlige og kvindelige krop. Det inkluderer både CT, MR og histologiske snit fra en helt almindelig mand og kvinde. I denne øvelse bruges dog kun CT billedet af kvinden.

Billederne kan hentes direkte fra undervisningshjemmesiden, men originalt findes de på dette link:

https://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html

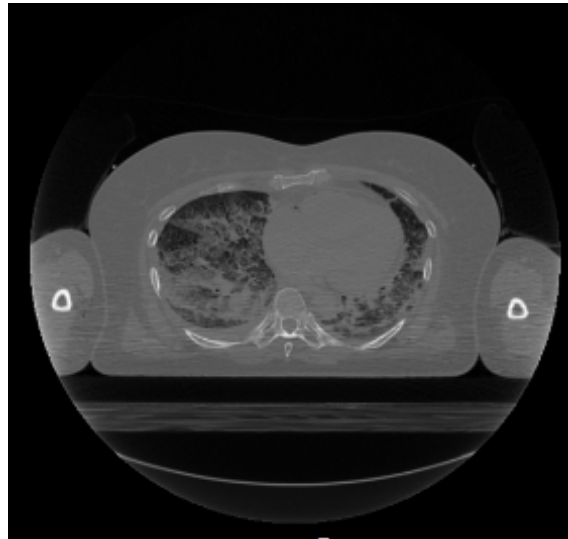
Forklaringer

Eleverne downloader og installerer programmet og billederne. Programmet kan vise billederne fra forskellige synsvinkler. Ved at vælge 3D MPR (*multiplanar rekonstruktion*) visning kan man se dem fra de tre standard vinkler (coronal, sagittal og transversal) samtidig, som det ses nedenfor. De farvede linjer angiver placeringen fra de andre vinkler, således at gul angiver axial, blå sagittal og pink coronal. Farven på firkanten i det øverste højre hjørne af billedet angiver hvilken standardvinkel kroppen iagttages fra. De gule linjer i coronal og sagittal visning angiver placeringen af det axiale snit, som det ses i den axiale visning i vinduet med den lille gule firkant.

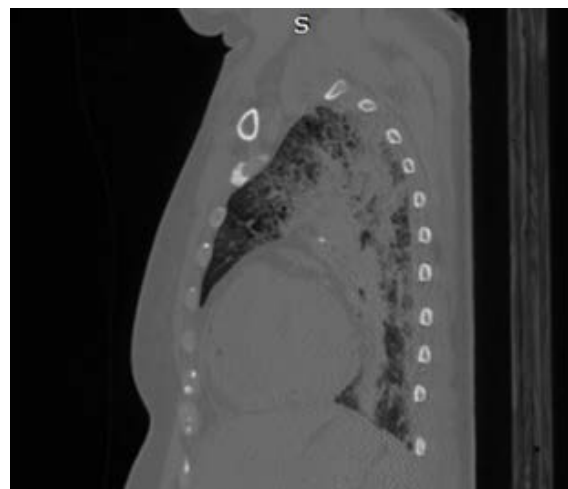


Eleverne skal gå på opdagelse i den menneskelige krop ved at finde forskellige anatomiske strukturer. I og med det er et tomografisk CT-billede kan de forskellige strukturer ses fra forskellige vinkler. I CT kan man også vælge at vise et udsnit af intensiteterne, her kaldet vindue. Forskellige vinduer bruges for at forstærke forskelligheder i et specifik væv. Dette gøres efter at billedet er optaget og kan sammenlignes med at bruge et filter, som du kender det fra snapchat og instagram.

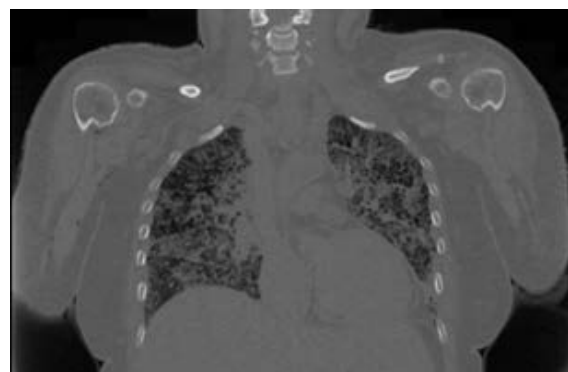
Nedenfor er nogen eksempler på, hvordan de forskellige organer og knogler ser ud i de forskellige synsvinkler.



Axial snit igennem brystkassen i standard vindue.



Sagittal snit gennem brystkassen i standard vindue.

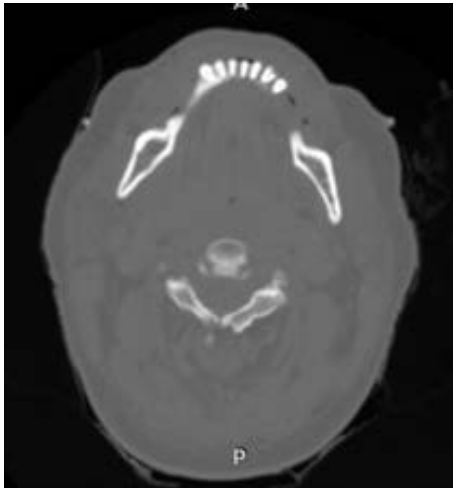


Coronal snit af brystkassen i standard vindue.

Hjertet ses som den grå masse i midten af brystet. Notér, at hjertet her er i højre side af billedet. Anatomisk sidder hjertet i venstre side. Ved en CT-skanning optager man normalt billeder fra fødderne og op, mens personen ligger på ryggen. Det resulterer i at billedet er spejlvendt.

Lungerne er det sorte område, der primært består af luft og derfor ikke dæmper meget stråling. De grå strukturer er bronkier, der har meget brusk og derfor dæmper mere stråling.

Ribbenene fremstår som hvide cirkler omkring lungerne, da det jo er et snit ned gennem kroppen.



Axial snit

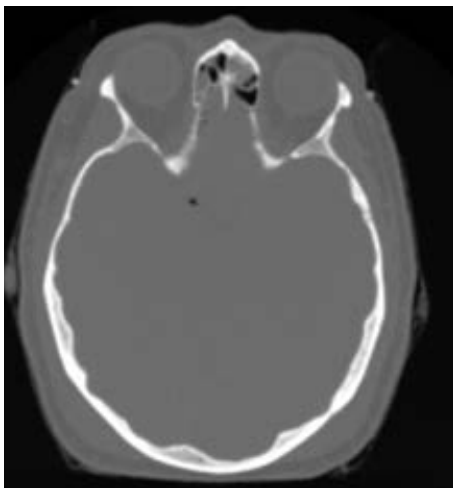


Sagittal snit

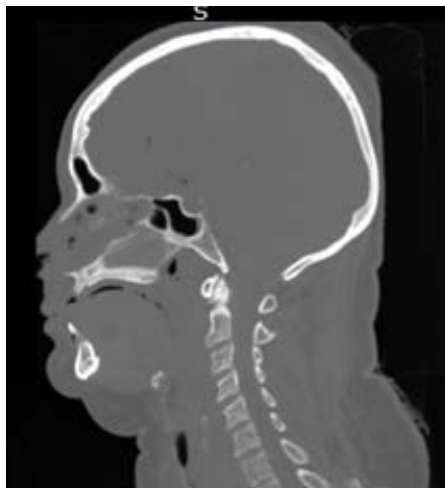


Coronal snit

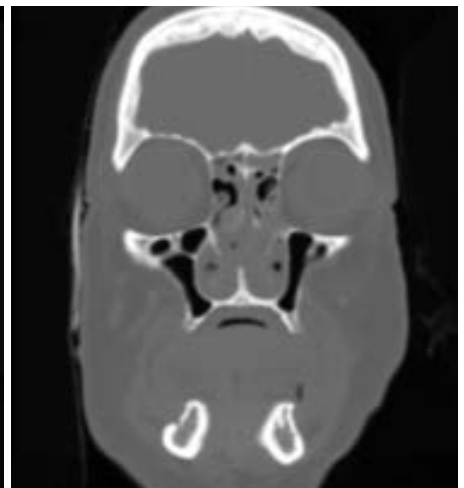
Her ses tænderne og kæben i de tre synsvinkler.



Axial snit

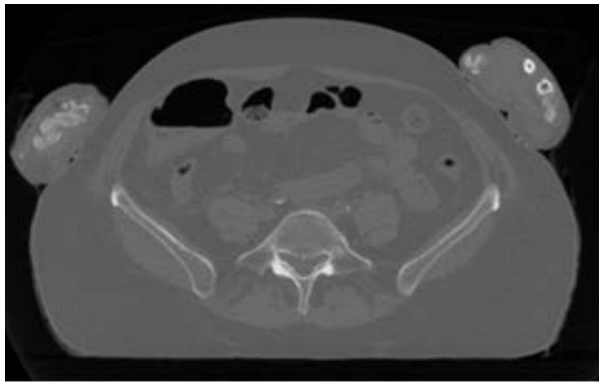


Sagittal snit

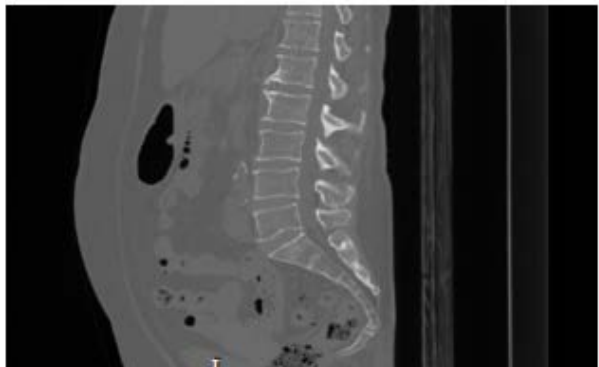


Coronal snit

Her er et eksempel på øjnene. Øjnene i sig selv består primært af vand og derfor ikke så tydelige, men ud fra den omkringlæggende kranie-struktur ses det tydeligt, hvor de er.



Axial snit

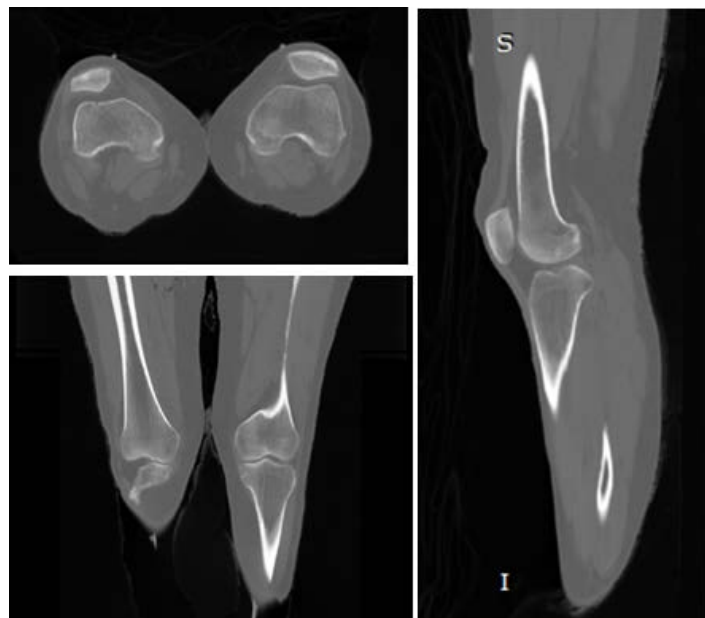


Sagittal snit



Coronal snit

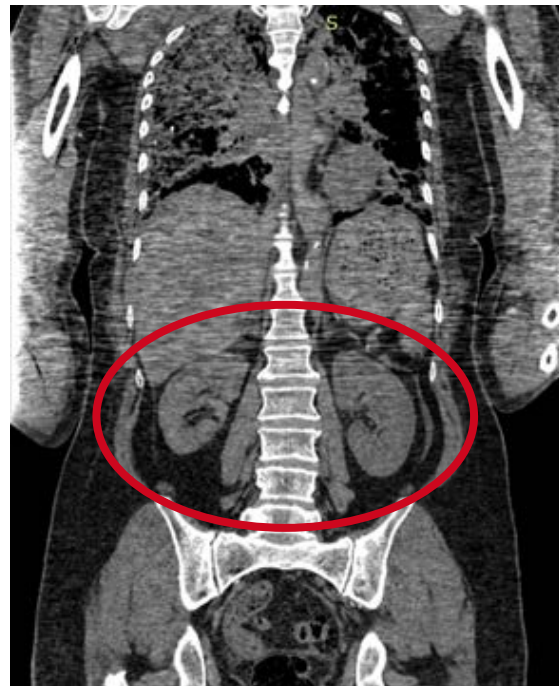
Rygsøjlen består af mange mindre knogler, som det ses på billederne ovenfor. De er stablet oven på hinanden i en s-formet struktur. Derudover ses der også en masse små sorte områder omkring tarmen samt mavesække. Det er luft i tarmen.



Ovenfor ses knæene med knæskaller. Man kan også se, at lårbensknoglen og skinnebenet går sammen og danner knæleddet. Eleverne bemærker måske, at knoglerne er mest hvide i kanten og grå i midten. Knogler hos voksne består af et tyndt lag af kompakt knogle yderst, der omkranser det mere luftfyldte knoglevæv og marv. Det er primært den yderste kompakte knogle, der bremser røntgenstrålingen, og knogler fremstår derfor hule.



Da billederne blev optaget, er der sket en fejl. Det ses tydeligt på billedet ovenfor, at knoglerne har rykket sig. Det er selvfølgelig ikke sket i virkeligheden, men er en fejl, der er sket, da computeren satte billederne sammen.



Ovenfor er nyrerne markeret med en rød cirkel. Til venstre ses standardvinduet, mens det højre billede viser det særlige abdomen(maveregion)-vindue, der er lavet til bedre at kunne skelne mellem organerne i maveregionen. Indstillingen, der er brugt på det højre billede, gør det nemmere at finde nyrerne, og man kan for eksempel se nyrebækkenet.

Udover abdomen-indstillingen, kan eleven prøve følgende andre indstillinger:

- **Angio:** Angiografi bruges til at undersøge blodårene ved hjælp af et kontraststof. I dette datasæt er der ikke brugt kontraststof, og det giver derfor ikke meget mening at vælge denne visning.
- **Knogle:** Knoglevinduet giver god kontrast til knogler. Det anvendes til at se for eksempel brud eller revner i knogler.

- Hjerne: CT er generelt ikke så god til at kigge på hjerner på grund af kraniet. Ved at vælge hjerne-indstillingen kan man dog blandt andet se hjernens ventrikler.
- Thorax: Thorax-vinduet bruges til at vise flere detaljer i lunger og hjerte. Det kan være åreforkalkning i kranspulsåren eller en lungebetændelse.
- Lunge: I lunge-indstillingen kommer lungens detaljer endnu tydeligere frem. Her ses lungebetændelse og andre lunge-sygdomme endnu tydeligere.

Udover at se 2D-billeder fra forskellige vinkler, giver tomografi mulighed for at samle dem til et tredimensionelt billede. I 3D-visning kan eleven tydeligt se alle kroppens knogler. CT bruger røntgenstråling, der primært stoppes i knogler, og det er derfor knoglerne, der vises i 3D-visningen. Her ses fejlen i rekonstruktionen også tydeligt, idet lårbensknoglerne ikke passer sammen.

Gode råd til øvelsens udførelse

- Hvis biologilokalet har en dukke med udtagelige organer (anatomisk torso) kan man med fordel supplere øvelsen.
- Husk at billederne er spejlvendte, således at højre og venstre er byttet om.

Fagområder der dækkes

Biologi, IT-færdigheder.

- Eleven har viden om menneskets bevægeapparat, organsystemer og regulering af kroppens indre miljø
- Eleven har viden om undersøgelsesmetoders anvendelsesmuligheder og begrænsninger

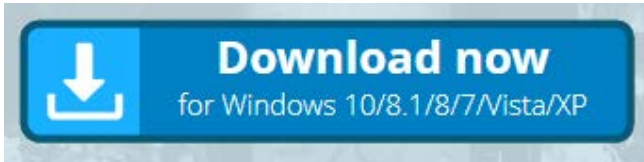
Hvad får eleverne ud af øvelsen

Eleven får mulighed for selvstændigt at gå på opdagelse i kroppens indre. Eleven får et indtryk af, hvordan tomografiske billeder giver et unikt kig ind i kroppens indre.

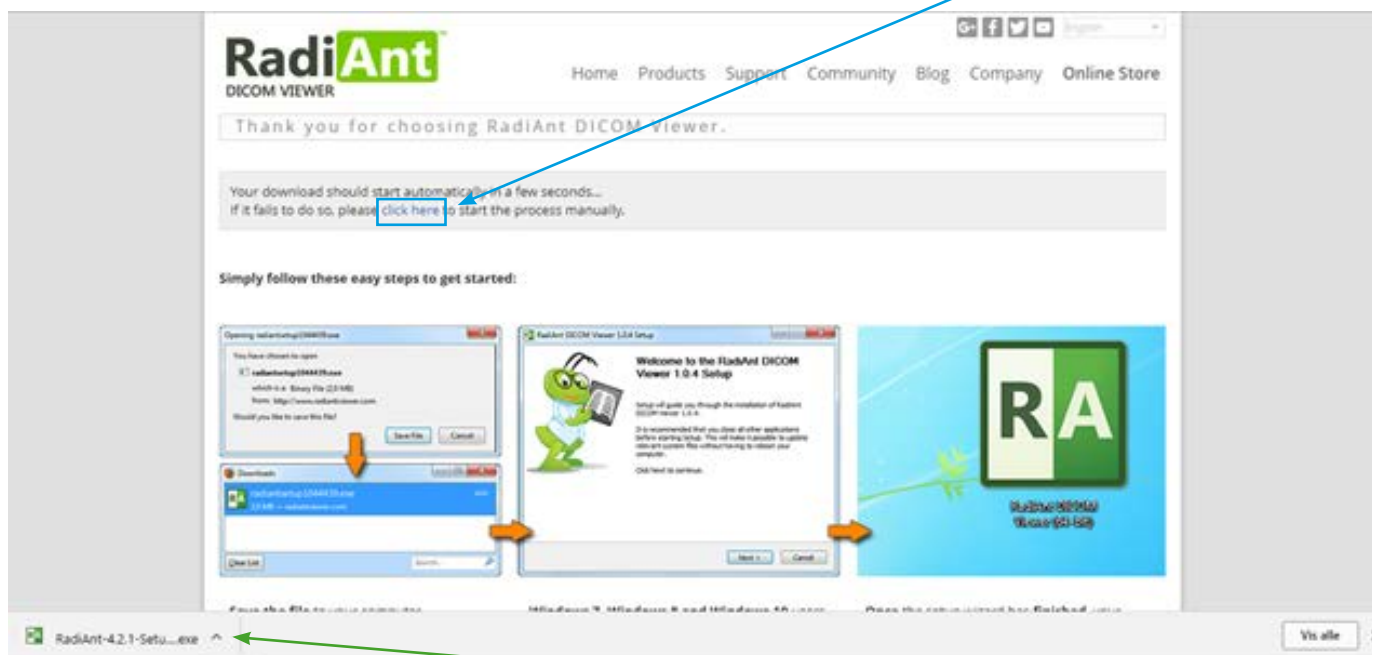
Installationsguide til RadiAnt og download af data

RadiAnt er et windowsbaseret program og kan installeres på Windows 10/8.1/8/7/Vista/XP. Programmet kan derfor ikke installeres på en Mac-computer.

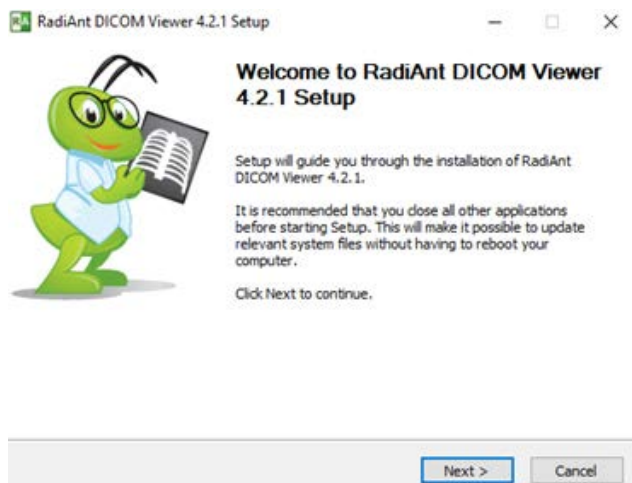
1. Åbn hjemmesiden: <https://www.radiantviewer.com/>
2. Klik på den blå knap "Download now"



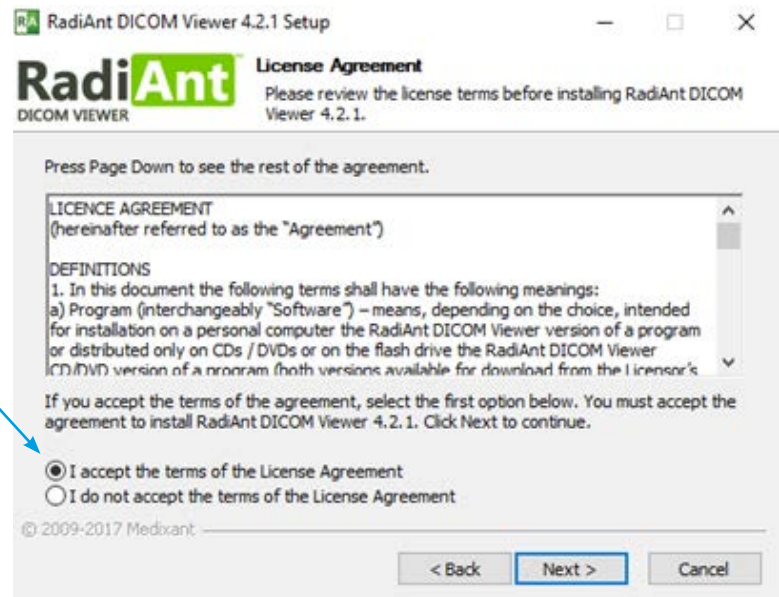
3. Nu downloades programmet. Hvis det ikke starter automatisk skal du klikke på "click here" (se den blå pil).



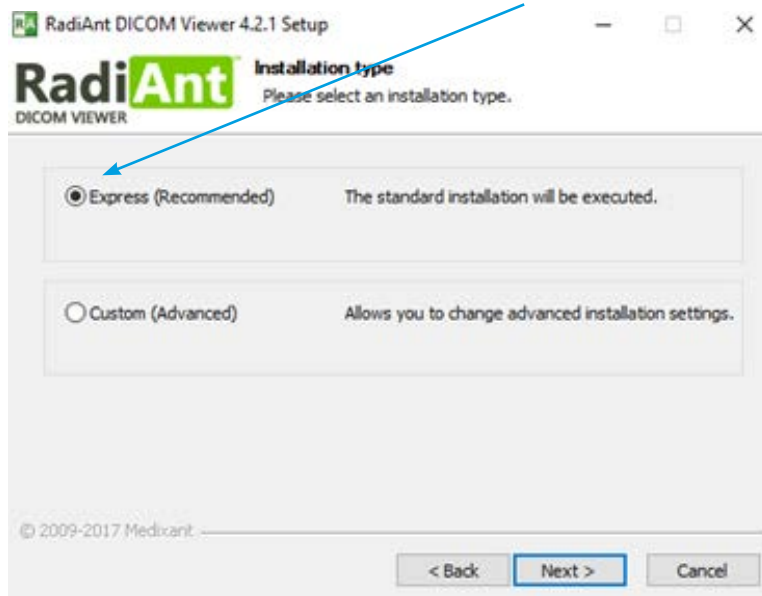
4. Åben programfilen, der kommer frem i nederste venstre hjørne (Se den grønne pil), ved at klikke på den. Nogen computere vil komme med et sikkerhedsspørgsmål, for eksempel: "Vil du tillade at denne app foretager ændringer på din enhed?" Til det kan du roligt svare ja, og installationen starter.
5. Luk alle andre programmer og tryk på "next"



6. Accepter betingelserne for brugen af programmet ved at klikke på den øverste bullet (se pilen).
Klik derefter "Next".



7. Vælg standard/hurtig installation og klike "next"

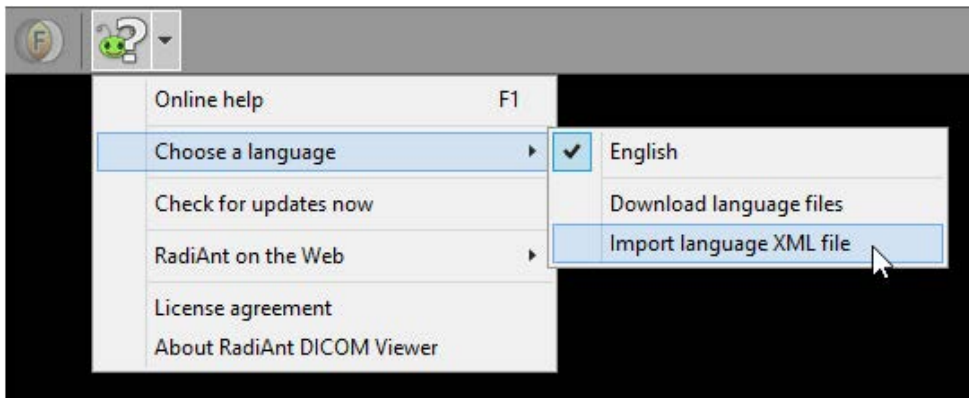


8. Klik "Finish". Installationen er nu færdig og programmet klar til brug.
9. Programmet er på engelsk, men man kan rimelig nemt ændre det til dansk.
a. Gå til hjemmesiden: <https://www.radiantviewer.com/translations/>
b. Find dansk på listen over sprog og klik "Download"

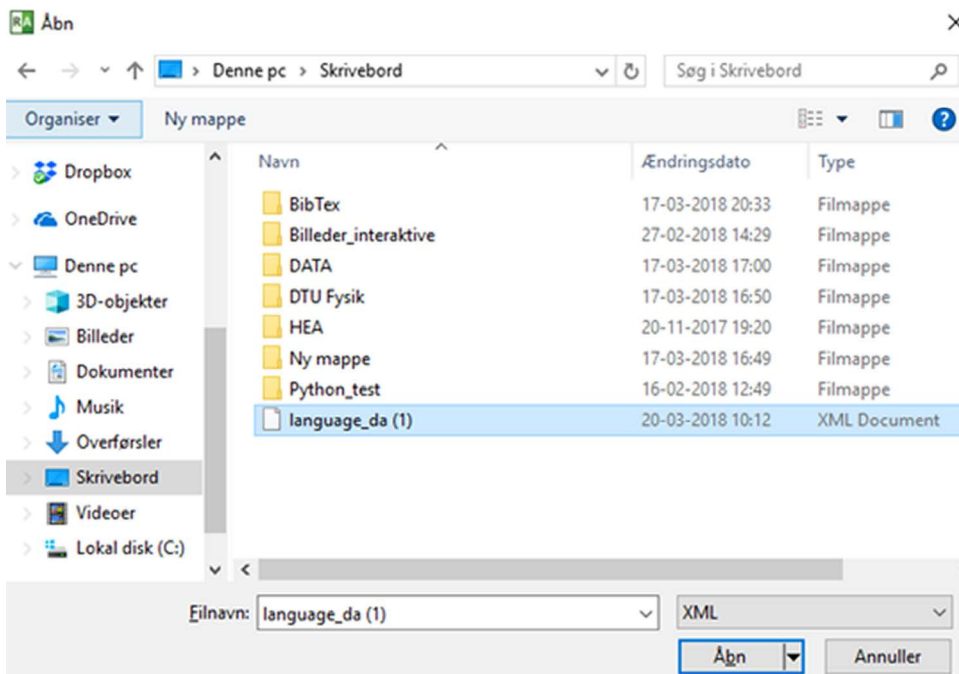
Language XML files

	Author	Date	Version			
	Eman Ali Fhoula	2017-02-10	3.4.1.13367	Download	Edit	All versions
	Dr. Elnur Mehdi	2017-06-18	4.0.1.16355	Download	Edit	All versions
	Dr. Biser Kasabov	2011-01-20	0.19.1.272	Download	Edit	
	Trig Chen	2017-09-21	4.0.1.16355	Download	Edit	All versions
	mivo	2016-02-25	2.0.9.10665	Download	Edit	
	Antun Buzuk	2013-11-18	1.9.2.7114	Download	Edit	
	Wabi Wabini	2013-12-18	1.9.14.7431	Download	Edit	All versions
	Henrik B.	2017-08-07	4.0.1.16355	Download	Edit	All versions
	D. Dumoulin	2016-02-26	2.0.9.10665	Download	Edit	All versions

- c. Gem filen på skrivebordet.
 d. Åbn RadiAnt og klik på pilen ved siden af hjælpeknappen.



- e. Vælg language_da.xml filen og klik "åbn".



- f. RadiAnt programmet skal genstartes for at bruge de nye indstillinger. Klik derfor på "close".



10. Nu mangler du bare nogle billeder at kigge på i programmet. Du kan finde billederne på hjemmesiden, hvor du fandt undervisningsmaterialet. Gem billederne i en mappe, hvor du let kan finde dem igen.

11. Tillykke! Du har nu installeret programmet og er klar til at gå på opdagelse i kroppen!