

Medische beeldvorming 2023-2024

Inleiding medische beeldvorming

Opdracht welke foto hoort bij welke casus?

Leg uit wat op elke foto te zien is.

Geluid en straling

Vier technieken

- Echografie
- MRI
- Röntgendiagnostiek (2D en 3D)
- Gamma camera (nucleaire geneeskunde)

Echografie

- Geluid (druk golf; principe echoput)
- Zendt signaal uit
- Geluid heeft bepaalde snelheid (hoe dichter de tussenstof hoe hoger de geluidssnelheid)
- Weerkaatst tegen een object
- Geluid wordt opgevangen
- Zonder tussenstof (vacuüm) geen geluidsignaal
- 2D of 3D
- Anatomie en werking hart, foetus, nieren etc.

MRI (magnetic resonance imaging)

- Gebruik van magnetisme en radiogolven (elektromagnetische straling; fotonen, geen tussenstof nodig)

Röntgenstraling

- Röntgenstraling (elektromagnetische straling opgewekt in röntgenbuis)
- 2D röntgenfoto (botbreuken)
- 3D CT scan
- Eventueel met contrastvloeistof

Gamma camera (in combinatie met radio actieve materialen)

- Gamma straling die vrijkomt bij een radioactieve stof (elektromagnetische straling)
- Skeletscintigrafie (botscan; aantonen breuken, ontstekingen en tumoren)
- SPECT (3D beelden; Technetium; doorbloeding hart)
- PET scan (positron; Fluor-glucose; aantonen tumoren, ontstekingen)

Geluid en straling

- Golf is de voortplanting van een trilling
- Golflengte λ (m)
- Frequentie f (Hz; trillingen per seconde)
- Voortplantingssnelheid v (m/s)
- $V = \lambda f$
- Amplitude is de grootste afwijking t.o.v. de evenwichtsstand
- Transversale golf is een golf waarbij de oscillatie loodrecht staat op de voortplantingsrichting van de energie in de golf (vb, golven op het wateroppervlak en elektromagnetische golven, waarbij zowel het elektrisch veld als het magnetisch veld loodrecht op de voortplantingsrichting staat)
- Longitudinale golf is een golf waarbij de golfbeweging plaatsvindt langs de richting waarin de energie zich verplaatst (vb geluid in lucht en water)

Welke techniek zal worden gebruikt hangt af van:

- Het lichaamsdeel (spier, bot, bloedvat etc.)
- Stralingsbelasting
- Belasting/comfort voor de patiënt
- Financiële aspecten
- Tijdsduur

Vier technieken

- **Echografie**
- MRI
- Röntgendiagnostiek (2D en 3D)
- Gamma camera (nucleaire geneeskunde)

Echografie

Algemeen:

- Druk golf
- Snelheid hoger in vloeistof in vergelijking met in lucht
- Menselijk oor (20 Hz en 20 kHz) oudere mensen horen minder goed de hoge frequenties
- Ultrasoon (tussen 20 kHz en 1GHz (10^9))
- Gehoordrempel (geluidsterkte die je nog net hoort) is sterk afhankelijk van frequentie)
- Pijngrens (de geluidsterkte waarbij geluid pijn gaat doen) is minder afhankelijk frequentie)
- Frequent bezoek concerten zorgt voor beschadiging geluidszintuigen, waardoor geluid vooral in het frequentiebereik van gesproken geluid niet goed meer kan worden waargenomen (vooral in drukke ruimten)
- Vleermuizen, dolfinen, walvissen maken o.a. gebruik van ultrasoon geluid.
- SONAR (sound navigation and ranging) (schepen, dieren)
- Stukje over echografie zie ppt (doppler, transducers, beelden, organen altijd van 2 kanten bekijken)

Echografie is het zichtbaar maken van structuren in het menselijk lichaam door middel van ultrageluid.

Basisprincipe:

- Ultrasonische geluidsgolven worden uitgezonden door een probe (transducer)
- in een lichaam worden deze geluidsgolven gereflecteerd, verzwakt en verstrooid
- gereflecteerde geluidsgolven worden ontvangen door dezelfde probe en verwerkt tot een beeld
- Voortplantingssnelheden in het lichaam
 - Lucht 330 m/s
 - Vetweefsel 1450 m/s
 - Water 1500 m/s
 - Leverweefsel 1550 m/s
 - Bloed 1570 m/s
 - Spierweefsel 1585 m/s
 - Bot 4080 m/s

- met behulp van het Doppler effect kan bloedstroomsnelheid worden bepaald
- het Doppler effect is het verschijnsel dat bij een beweging van bron en ontvanger ten opzichte van elkaar er een frequentieverschuiving zal optreden
- als iets naar de ontvanger toekomt is de frequentie hoger, er vanaf lager
- Ventraal (buikzijde), dorsaal (rugzijde), craniaal (hoofdzijde), caudaal (staartzijde), transversaal (dwarsrichting) en longitudinaal (lengterichting)

Probe of transducer

- kan geluid met verschillende frequenties produceren en heeft afhankelijk van de toepassing verschillende vormen.
- De probe wordt gebruikt in combinatie met een bepaalde gel, hierdoor is de overgang tussen lucht en het weefsel minder groot en krijg je een beter beeld.
- Een probe bevat een piezo-elektrisch element (kristal dat door wisselstroom geluid produceert)
- Verschillende soorten artefacten (zoals slagschaduw) maken het moeilijker het beeld goed te interpreteren

<https://www.youtube.com/watch?v=DNVFANoxbtk>

<https://www.youtube.com/watch?v=c7IFxcJodGA>

Vier technieken

- Echografie
- **MRI**
- Röntgendiagnostiek (2D en 3D)
- Gamma camera (nucleaire geneeskunde)

MRI (magnetic resonance imaging)

- Gebruik van magnetisme en radiogolven (elektromagnetische straling; fotonen, geen tussenstof nodig)
- Kort principe uitleggen zie figuur 57 pagina 66
 - Apparaat heeft sterk magnetisch veld (1,5 Tesla, soms tussen 3-7)
 - Spoel waardoor honderden ampères stroom door heen gaat
 - Koeling door helium, waardoor ook spoelen supergeleidend worden (geen weerstand)
 - IJzer moet uit de buurt blijven
 - Geen pacemaker, insulinepompje, neurostimulator, kunstklep, hoorprothese, heupprothese etc.
 - Werking
 - Proton (kern waterstofatoom) heeft een spin (draait om zijn as)
 - Hierdoor ontstaat een magnetisch veldje
 - In een sterk magnetisch veld richten de kernen zich naar het magnetische veld
 - Radiogolven zorgen ervoor dat magneetjes 180° draaien
 - Na uitschakeling van de radiogolven klappen protonen weer terug en zenden een radiogolf uit
 - Hoe meer H atomen er in het weefsel zijn hoe sterker het signaal.
 - Metingen van radiogolven worden in beeld omgezet
 - MRI geeft goed beeld van
 - zachte weefsels zoals hersenen, hart, longen, gewrichten en bloedvaten (m.b.v. contrastvloeistof)
 - concentratie fosfor, natrium, pH, temperatuur, stroomsnelheid bloed
 - Geen schadelijke ioniserende werking
 - Apparaat is duur
 - Onderzoek duurt vrij lang (een half tot twee uur)
 - Het apparaat maakt veel lawaai
 - Sommige mensen zijn claustrofobisch
 - Niet geschikt voor patiënten met ijzer, kobalt of nikkel in het lichaam

<https://nl.wikipedia.org/wiki/MRI-scanner>

[Filmpje klokhuis mri](#)

Zie [ppt ErasmusMC](#)

fMRI is functionele MRI https://nl.wikipedia.org/wiki/Functionele_MRI

Verandering van zuurstofgehalte van hemoglobine verandert de magnetische eigenschappen. fMRI detectoren meten de verhouding tussen zuurstofrijke en zuurstofarme hemoglobine.

Beweging van armen of benen veroorzaakt verandering in bepaalde hersendelen omdat er meer bloed naar dat gebied toe gaat.

Vier technieken

- Echografie
- MRI
- **Röntgendiagnostiek (2D en 3D)**
- Gamma camera (nucleaire geneeskunde)

Röntgendiagnostiek (zie [ppt radiodiagnostiek](#))

- Ontdekt door Wilhelm Conrad Röntgen (X-rays)
- Röntgenstraling (elektromagnetische straling opgewekt in vacuüm röntgenbuis zie figuur 22)
 - verhit gloeidraad
 - elektronen komen vrij en gaan van kathode naar de positieve anode
 - de legering van wolfram en rhenium wordt door de elektronen gebombardeerd
 - door het bombardement komen röntgenstralen vrij
 - vroeger werd film belicht (lichtgevoelige zilverbromide)
 - nu gedigitaliseerd
 - hardheid straling is in te stellen door buisspanning te vergroten
- Straling gaat door het lichaam
 - bot absorbeert veel straling
 - weke delen minder (spieren, bloedvaten, vet)
 - lucht het minst
- Mate van absorptie hangt af van
 - dikte van doorstraalde stof
 - dichtheid van doorstraalde stof
 - atoomnummer van doorstraalde stof
 - energie van röntgenstraling
- Stralingsdosis wordt weergegeven in Sievert
- 2D röntgenfoto (botbreuken)
- 3D CT scan
- Eventueel met contrastvloeistof
 - negatieve contrastmiddelen (lucht, zuurstof, kooldioxide)
 - lucht
 - goedkoop, altijd aanwezig, echter niet steriel
 - voorbeeld sinussen (holten) in het hoofd
 - positieve contrastmiddelen (stoffen met hoog atoomnummer)
 - barium of jodiumhoudend contrastmiddel
- Een bucky is een onderdeel van een medisch röntgenapparaat waarin een cassetelade (met röntgenfilm of fosforplaat) en een stroostralenraster zijn gecombineerd.
 - tafelbucky (voor o.a. borstkas)
 - wandbucky (voor o.a. bekken en buik)

Belangrijk laat zien aan plaatjes dat vanuit twee richtingen object moet worden bekeken.

Vier technieken

- Echografie
- MRI
- Röntgendiagnostiek (2D en 3D)
- **Gamma camera (nucleaire geneeskunde)**

Gamma camera (in combinatie met radioactieve materialen)

- Gamma straling die vrijkomt bij een radioactieve stof (elektromagnetische straling)
- Scintigrafie is een afbeeldingstechniek waarbij gebruik gemaakt wordt van een laagradioactieve stof. Deze stof wordt toegediend via een injectie in een ader.
- Skeletscintigrafie (botscan; aantonen breuken, ontstekingen en tumoren)
- SPECT (single-photon emission computed tomography; 3D beelden; Technetium; doorbloeding hart)
- PET scan (positron emissie tomografie; Fluor-glucose; aantonen tumoren, ontstekingen)

Basiskennis nucleaire geneeskunde

- Henry Becquerel en Marie en Pierre Curie Nobelprijs
- Becquerel ontdekt radioactiviteit (uranium); straling op fotografische plaat waar uraniumzout gelegen had
- Curie ontdekt polonium en radium
- kern bevat protonen en neutronen, schil bevat elektronen (zie figuur 11)
- Massagetal is gelijk aan het aantal neutronen en protonen.
- Atoomnummer is de plaats van het element in het periodieke systeem en wordt bepaald door het aantal protonen
- Isotoop is een atoom met het zelfde atoomnummer maar verschillend massagetal (voorbeelden waterstof, deuterium en tritium)
- Gemiddelde massa is de massa van de verschillende isotopen maal het percentage waarvan het in de natuur voorkomt
- Radioactiviteit ontstaat als een kern teveel energie bevat en daardoor instabiel is. De kern wordt stabiel door het uitzenden van deeltjes eventueel gevolgd door straling
 - elektromagnetische straling (fotonen; gamma straling)
 - materiële straling (elektronen (bèta straling) en heliumkernen (alfa straling))
 - gamma meest energierijk, rijker dan bèta dan alfa
- ^{14}C heeft in de kern 6 protonen en 8 neutronen. De kern vervalt tot stikstof ^{14}N dat 7 protonen heeft en 7 neutronen. Een neutron wordt hierbij omgezet in een proton. Hierbij wordt een elektron uitgezonden (bèta straling)
- Halveringstijd is de tijd waarin een radioactieve stof de helft van zijn radioactiviteit verliest. (zie formule 3 op pagina 20)

- Eenheid is becquerel. 1 Bq is gelijk aan 1 radioactief verval per seconde. Dus 1 becquerel is de activiteit van een stof waarvan 1 atoomkern per seconde verval.

Toepassingen:

- Skeletscintigrafie (botscan; aantonen breuken, ontstekingen en tumoren)
- SPECT (3D beelden; Technetium; doorbloeding hart)
 - Technetium (tracer of radiofarmacon) is een gammastraler met een halveringstijd van 6 uur. Wordt gemaakt m.b.v. molybdeengenerator.
- de tracer (radiofarmacon):
 - gamma straling uitzenden
 - energie tussen de 100 en 250keV
 - gunstige halveringstijd (uren/dagen)
 - eenvoudig te binden
 - prijs
 - uitgescheiden (informatie nieren en gal)
 - opgenomen (informatie over botten, schildklier, lever, hersenen, hartspier, beenmerg, longen),
 - blijft in de bloedbaan (informatie over hartactie en bloedvaten)
 - niet toxisch
 - niet functie van doelorgaan verstoren
 - snel in het orgaan worden opgenomen
 - lang genoeg in het doelorgaan aanwezig blijven om goed te scannen

https://www.youtube.com/watch?v=D6j5p5_54Ng Skeletscintigrafie uitleg

- PET scan (positron; Fluor-glucose; aantonen tumoren, ontstekingen)
- De fluorverbinding zendt positronen uit. Zie pagina 78. Deze positronen botsen tegen elektronen waarbij annihilatie plaatsvindt. Hierbij ontstaan twee gammafotonen die in tegenovergestelde richting bewegen

<https://www.youtube.com/watch?v=QJCrYr8zHg0> PET scan

<https://www.youtube.com/watch?v=0DDBcQisqHk> Skeletscintigrafie en PET scan

Radiofarmaca diagnostiek

Radiofarmacon	Orgaan
^{99m}Tc -pertechnetaat (TcO_4^-)	Schildklier
^{99m}Tc -hydroxymethyleendifosfaat (HDP)	Skelet
^{99m}Tc -nanocolloid	Lymfe, Maag
^{99m}Tc -macroaggregaten (MAA)	Longen (perfusie)
^{99m}Tc -meriatide (MAG3)	Nieren
^{99m}Tc -examethazime (HMPAO)	Hersenen
^{99m}Tc -tetrafosmine	Myocard
^{81m}K rypton (gas)	Longen (ventilatie)
^{67}Ga llium	Ontstekingen
^{201}Tl hium	Myocard

Radiofarmaca therapie

Radiofarmacon	Orgaan
^{131}I -Jodide	Schildklier
^{131}I -MIBG	Neuroblastoom
^{90}Y -Yttrium	Synovia (knie, schouder)
^{169}Er -Erbium	Synovia (pols, vinger)
^{89}Sr -Strontium	Skeletmetastasen
^{153}Sm -Samarium	Skeletmetastasen
^{186}Re -Renium	Skeletmetastasen

Gevaren en bescherming

- radioactieve bron is besmettelijk de straling niet
- ioniserende straling is straling die voldoende energetisch is om een elektron uit de buitenste schil van een atoom weg te slaan. Alfa en bèta straling en verder röntgenstraling en gammastraling zijn vormen van ioniserende straling
- dosimetrische grootheden (energie in J/kg of sievert (Sv))
 - geabsorbeerde dosis (houdt alleen rekening met de hoeveelheid geabsorbeerde straling; wordt ook wel in gray Gy weergegeven)
 - equivalente dosis (houdt ook rekening met het soort straling; stralingsweegfactor)
 - effectieve dosis (houdt rekening met het soort straling en verschillende gevoeligheden van de organen (weefselweegfactor))
 - zie formule 4 pagina 30
- verbeter fouten op pagina 31
 - mitose is kerndeling en geen celdeling!
 - tetraploid is als een cel $4n$ aan chromosomen heeft!
- genetisch effecten zijn effecten door straling die pas in latere generaties tot uiting komen
- deterministisch effect is het afsterven van een cel door teveel straling
- teratogeen effect is een effect op een ongeboren vrucht
- stochastische effecten zijn effecten die met een bepaalde kans optreden
- achtergrondstraling zie figuur 27
- strooistraling is een straling met een andere richting dan de directe bundel
- isodosiscurve zijn lijnen met gelijke stralingsniveaus (Gy)
- dosislimiet is de hoeveelheid straling die per persoon wettelijk is toegestaan. Er wordt onderscheid gemaakt tussen personen die beroepsmatig met stralingsbronnen (ziekenhuis, piloot, stewardessen, tandarts etc.) te maken hebben en de rest van de bevolking
- Achtergrondstraling is 2mSv per jaar (zie bron pagina 34 voor extra straling)
- Bescherming
 - tijd (hoe korter hoe beter)
 - afstand (straling neemt kwadratisch af met de afstand; afstand 3 maal zo groot dan wordt de straling 9 maal zo klein)
 - afscherming (loodschort etc.)
 - monitors (Geiger teller of tld badge)

Zie ppt radiodiagnostiek voor plaatjes en beelden