

EXAMEN

- 1/3 radiologie
- 1/3 nucleaire
- 1/3 foto's uit het practicum

DOEL CURSUS

- welke technieken vraag je aan voor welke vraag/regio
- herkennen van de voornaamste tekens
- opstellen van differentiaaldiagnoses

THORAX RADIOLOGIE

Inleiding

1. Onderzoeksmethoden – radiologie en medische beeldvormingen

Onderzoeken

- Fluoroscopie
- Radiografie → face, profiel, ¾ ...
- Echografie
- CT-scan (*computer tomografie*)
- MRI (*magnetische resonantie imaging*)
- Angiografie

Resolutie & beeldkwaliteit

- ruimtelijke resolutie → kleinste afstand tussen 2 punten te onderscheiden op een beeld
- densiteitsresolutie → tot op welk niveau kunnen we verschillende kleuren onderscheiden
- tijd → invloed op beeldkwaliteit (vb. beweging = negatief effect op ruimtelijke resolutie)
- voorbeelden pc → 800 op 600 pixel (ruimtelijk) & 16 kleuren (densiteit)

→ tabel p 5

Wat is echt van belang?

- Hounsfield units → grijschaal
 - min = -1024
(*vacuüm*)
 - lucht = -1000
 - vet = -50
 - water = 0
 - bloed = +30
 - lever = +50
 - bot = +200
 - max = +3072
- We bekijken beelden in film (bewegend) en structuur per structuur
- Windowing

2. Classificatie

- 1) Volgens type onderzoek → radiografie, echografie, ...
- 2) Volgens lokalisatie (≈ topografische anatomie) → thoraxwand, long, mediastinum, ...
= medische beeldvorming → meest frequente vorm van beeldvorming
- 3) Volgens orgaan (≈ anatomie) → bloedvaten, zenuwen
- 4) Volgens type aandoening/pathologie → infectie, tumor
= interne geneeskunde

3. Hoe letsel benaderen

- 1) Detectie → normaliteit, topografie
- 2) Lokalisatie + orgaan → long, mediastinum/aorta ...
- 3) Beschrijving (in eigen woorden!) → densiteit (wit, zwart, lucht, water); vorm (bol, vlek, ...)
- 4) Differentiaaldiagnose → infectie, tumor, ischemie

4. De pathologie

Vasculair

➔ **VICTIM** = 95% pathologieën

Inflammatoir, infectieus

Congenitaal, cancer, collageen

Traumatisch

Idiopatisch

Metabool

Topgrafie en pathologie van de thorax

→ anatomie p 2-3

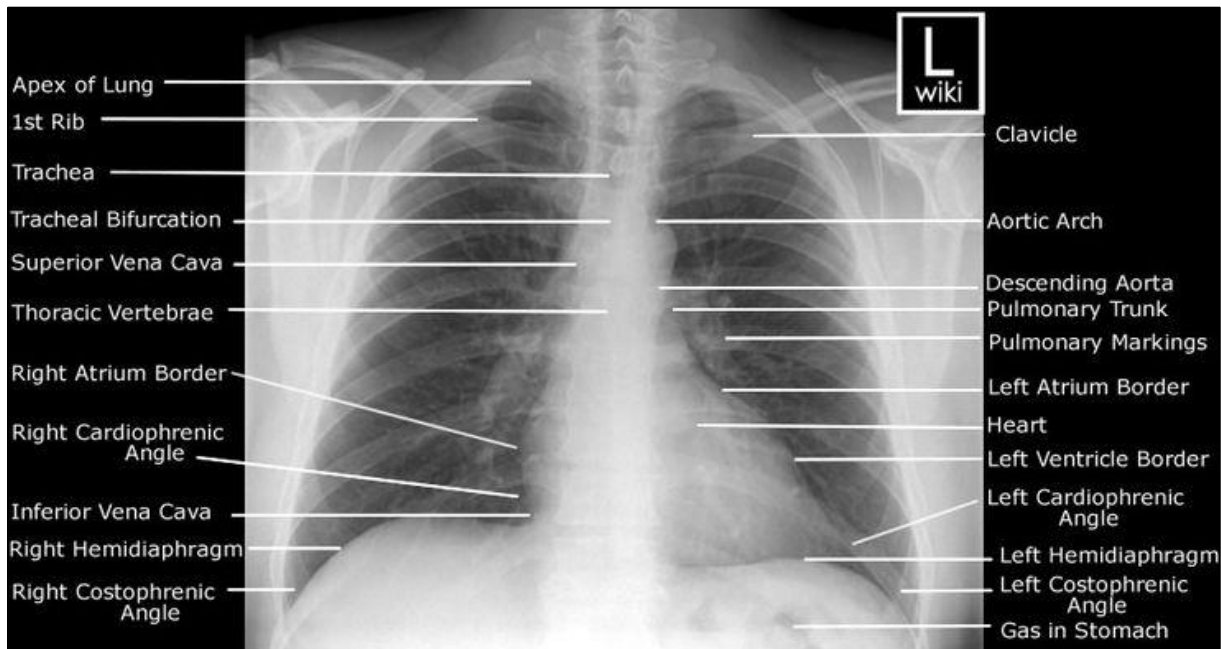
1. Mediastinum, grote vaten, cardiaal

Basis

- Mediastinum → anterior – medius – posterior
 - geen duidelijke onderlinge begrenzing
 - communicatie
- Hilus = overgang long – mediastinum
 - links hoger dan rechts
 - unilaterale of bilaterale vergroting

Mediastinum

- RX → witte doos met enkel randen zichtbaar (*slechts weinig info op RX!*)
- CT → normale anatomie & onderscheiden vaten/hart wanneer contrasttoediening
- MRI → goede toepassingen cardiaal en grote vaten
- Echo → goede toepassingen cardiaal en aorta
- Angiografie → enkel bij longembolen en bronchiale arteriografie
- Coronarografie → evaluatie en therapie van de coronaire arteriën



zie ook afbeelding p16 en vb. afwijkingen p17

Pneumomediastinum → altijd abnormaal

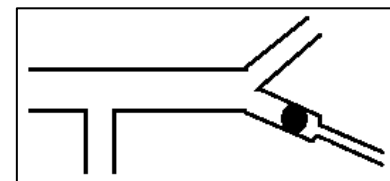
- na opening trachea, oesofagus
- vanuit abdomen → vb. anus perforatie: lucht in retroperitoneum stijgt op naar mediastinum en komt uiteindelijk onderhuids t.h.v. clavicula terecht

Mediastinale massa's → vbn. p18-19

- Anterieur mediastinum → normaal alleen vet en eventueel thymus
 - lymfoom
 - teratoom
 - thyroïd
 - thymoom
 - Middelste mediastinum → normaal alleen vet, bronchi en grote vaten
 - klieren¹ → infectieus, neoplastisch, sarcoïdose, verkalking...
 - < 1 cm = goedaardig → infectieus
 - > 1 cm = kwaadaardig → neoplasie
 - aneurysma
 - ontwikkelingsanomalie → pericard cyste, ...
 - Posterieure mediastinum → normaal alleen vet, oesofagus en v. azygos
 - klieren
 - oesofagus → divertikel, neoplasie
 - neurogene tumor
- ➔ Mediastinum = vet + trachea + slokdarm + bloedvaten → al de rest hoort er niet

Bloedvaten

- v. cava
 - trombus = zwarte zone in contrast
 - kan aan de rand hangen of in het midden met verbinding met de rand
 - wanneer geen contrast is de klont witter, maar is moeilijker te zien
 - compressie door tumor = v. cava syndroom
 - vergroten v. azygos en kleine huidvenen
 - gezwollen hoofd en armen
- v. azygos
- a. pulmonalis
 - trombus = longembool → p23-25
 - op CT beter te zien dan op RX → bij RX kan je wel een knotwilg-aspect van de bloedvaten zien ontstaan doordat er een de bloedvaten verdwijnen door occlusie
 - verbreding = pulmonale hypertensie
- a. bronchiales → enkel te zien op angiografie
 - patho meestal bloeding → embolisatie (= *dichtmaken bloedvat*) mogelijk
 - kunnen openspringen (t.g.v. tumor, CF, chronische infectie genre TBC) met een druk aan 120 mmHg waardoor arterieel bloed in de luchtwegen spuit → vanaf 200 ml bloed zitten de luchtwegen vol en kan het niet meer worden opgehoest = fataal!



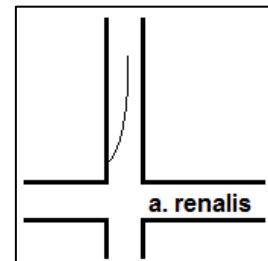
¹ Klieren liggen verspreid over het mediastinum → p20-21

Hart

- Diameter → RX en CT
 - cardiothoracale index = verhouding hartdiameter t.o.v. thoraxdoormeter
 - moet < 25% zijn
 - voorwaarden voor beeldopname → staand, posteroanterior, diepe inspiratie, buis > 2 m afstand
- Cardiale functie → MRI
- Kleppen en contractiliteit → echografie (transthoracaal of transoesofagiaal)
- Pericard → echo en CT (*vb. is er vocht aanwezig*)

Aorta

- Verbreding = aneurysma → bij evolutie eventueel heelkunde
 - normale diameter
 - 4 cm t.h.v. oorsprong uit hart en aorta ascendens
 - 3 cm t.h.v. aortaboog
 - 2 cm t.h.v. aorta descendens
 - een aneurysma neemt ALTIJD toe totdat het springt → enkel de duur is variabel en afhankelijk van de wand en flowdynamica
- Scheur vaatwand = dissectie → p26-28
 - posttraumatische
 - meestal na linker a. subclavia → heelkunde
 - vb. auto-ongeval = plotse stop waardoor mediastinum naar voor vliegt
 - hart botst op sternum → hartcontusie
 - aorta weg van wervels waaraan het ligamenteair vastzit → scheur leidt tot plotse dood
 - niet traumatisch = loskomen intima
 - evolutie scheur t.g.v. druk en flow
 - na linker a. subclavia → geen heelkunde
 - tenzij het zover schert dat vb. de a. renalis wordt afgescheurd
 - in a. ascendens of aortaboog → heelkunde
- Trombus tegen wand, verkalkingen → atheromatose



2. Thoraxwand en pleura

Thoraxwand = extrapleuraal

- Onderdelen
 - bot → ribben, wervels, scapula
 - spier
 - huid & subcutaan vet
 - borsten
 - metaal op de huid
- Beeldvorming
 - lokalisatie
 - RX → buiten de longen
 - inspectie patiënt!! (vb. tepelmarker)
 - onderzoek
 - welke delen (spier, vet) → echo
 - bot → RX en/of CT
 - borsten → mammografie (zie verder)

- Pathologie
 - Ribfractuur
 - tekens → onderbreking botlijn
 - paradoxale beweging van gebroken stukje gebroken langs 2 kanten omdat het niet meer vastzit → heelkundig behandelen via metaalplaatje OF 15 dagen beademen
 - evaluatietechniek → RX ribrooster en thorax; CT
 - complicaties
 - pneumo/hemothorax
 - subcutaan emfyseem ≈ vb. ontsnapte lucht na plaatsen drain voor pneumothorax (p30)
 - normaal mag er nooit lucht zitten buiten de ribkooi!
 - thoracaal luik
 - Ribkraakbeenverkalkingen = normaal!
 - man → eerst perifeer
 - vrouw → eerst centraal



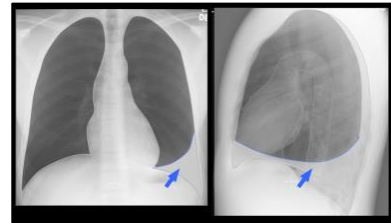
Pleura

- Anatomie
 - visceraal & pariëtaal blad met daartussen een virtuele ruimte
 - er mag nooit lucht in de virtuele ruimte zitten bij een gezonde persoon
 - negatieve druk met gradiënt van top naar basis → houdt de longen open
 - ontstaat doordat bloedvaten continu alles wegzuigen uit de virtuele ruimte
 - costodiafragmatische sinus = scherp → dieper posterieur!
 - liggen vaak tot in bekken → risico op pleuraperforatie bij nierbiopsie
- Beeldvorming
 - RX thorax
 - inspiratie postero-antérieure (PA) opname
 - inspiratie profiel
 - decubitus → vocht verplaatst zich als vrij
 - expiratie → pneumothorax
 - Echografie → lokalisatie en evaluatie vocht + interventioneel
 - CT = betere evaluatie → lokalisatie + interventioneel
 - densiteitscriteria & contrastaanfkleuring
 - vormcriteria
 - Algemeen
 - staande opname → lucht bovenaan & vocht onderaan
 - liggende opname → lucht anterior naast hart (minder goed te zien) & vocht posterieur (t.h.v. de wervels)

- Pathologie
 - 1) waterdensiteit in pleuraholte = grijs-wit
 - exsudaat (*cellen*), transsudaat (*helder*) → niet van elkaar te onderscheiden op beeldvorming; lijken beiden op water
 - bloed → hemothorax
 - etter → empyeem
 - benigne pleurale verdikking (inflammatoir)
 - tumor
 - primair = mesotheliom t.g.v. asbestcontact²
 - metastasen > long/borst tumoren
 - 2) luchtdensiteit in pleuraholte = zwart → pneumothorax
 - 3) kalkdensiteit t.h.v. pleura = dens wit
 - verkalking post-infecties = grof
 - verkalking bij asbestpleuritis = fijn en lineair

Pleuraal vocht

- Tekens
 - vochtdensiteit
 - meniscusteken (staand) = vocht lateraal onderaan → driehoekje
 - wanneer dit groot wordt kan je het diafragma niet meer zien om dat de lever ook dens is
 - witte waas (liggend)
 - verlies diafragma silhouet
 - apicale kapschaduw (liggend)
 - verdikte horizontale fissuur = vocht tussen boven- en onderkwab
 - compressie long
 - negeren longanatomie
 - verandering met positie (liggend vs. staand)
 - p34-35
- Oorzaken
 - vasculair → linker hartfalen, longembolen, ...
 - inflammatoir/infectieus → parapneumonisch, empyeem, ...
 - kanker → pleurale metastases
 - trauma → bloed > ribfractuur, aortascheur
 - idiopathisch = zeldzaam
 - metabool = zeldzaam
- Opmerkingen
 - t.g.v. eerder doorgemaakte infecties ontstaan er verklevingen tussen het visceraal en pariëtaal blad, waardoor de long niet kan worden weggeduwd door pleuravocht en de long dus aan de kant blijft plakken
 - 3 mogelijke behandelingen
 - lucht → anterieure drain
 - vocht → posterieure drain
 - klaplong → mucus uitzuigen via bronchoscopie
 - (op IZ vaak een drain in het midden die zowel vocht als lucht kan zuigen)



² Bij verdikte pleura altijd asbestcontact navragen

Pleurale massa's

- Tekens
 - waterdensiteit
 - "stompe hoeken met thoraxwand" → p37
 - longmassa's geven scherpere hoeken
 - nooit helemaal scherpbegrensd
- Oorzaken → p39
 - metastasen
 - mesothelioom
 - inflammatoir verdikte pleura → asbest, TBC
 - DDX → perifere longtumor, ribfractuur met callus

Pleurale lucht

- Tekens → luchtdensiteit = zwarter
 - staande opname
 - apicaal zwarter
 - scherp lijntje
 - meer in expiratie
 - liggende opname
 - verhoogde zwarting in rechter hypochondrium
 - te scherpe CDS
 - te scherpe omtrek hart en mediastinum
- Oorzaken → spanningspneumothorax = lek lucht bronchiaal naar pleuraholte³ (p41)
 - trauma → ribfracturen
 - iatrogeen → punctie
 - ruptuur bulla (*blaasje*)
 - bij beademing met hoge druk
 - idiopathisch→ diagnose = klinisch → radiografische bevestiging

3. Diafragma

Beeldvorming

- Fluoroscopie → evaluatie van beweging
- RX inspiratie vs. RX expiratie
- CT
- MRI

Pathologie

- Hoogstand
 - denervatie n. phrenicus
 - snif test (zeer snel inademen) → kan bewijs leveren voor verlamming door paradoxale beweging
 - volumeverlies long = atelectase
 - volumetoename abdomen
 - hernia van Bochdalek
- Laagstand
 - volumetoename long → massa, contralaterale shift
 - volumetoename pleura → pleurale uitstorting of pneumothorax

³ soms kleefenomeen en opdrijven lucht pleuraal bij elke inspiratie

4. Longparenchym

Anatomie

- Bronchus – bronchiole – acinus – alveole
- Pulmonale arterie en zijn vertakkingen
- Bronchiale arteriën
- Pulmonale venen
- Lymfevaten
- Interstitium
 - peribronchovasculair – centrilobulair
 - intralobulair – interlobulair – subpleuraal

Beeldvorming

- RX thorax → en vergelijken met oudere foto's
- CT
- Angiografie van de a. pulmonale en a. bronchiales → enkel voor behandelingen
- MRI
- Echografie

Pathologie → witte vs. zwarte pathologieën

a. Witte pathologieën

= verhoging waterdensiteit

- 1) luchtverlies in long → atelectase (p47-48)
- 2) watertoeename in long → alveoli, interstitium, bronchiaalboom, bloedvaten, massa, abces, opgevolde holtes

Atelectase

- 1) door compressie = compressie atelectase
 - oorzaken
 - longmassa → tumor, cyste, ...
 - pleura → pneumothorax, pleuraal vocht
 - mediastinum en abdomen → shift, massa
 - tekens
 - lokaal verhoogde waterdensiteit t.g.v. ↓ lucht in parenchym
 - aanliggende pathologie → pleuravocht, massa, ...
 - wegdrücken andere structuren → diafragma, mediastinum
 - vaten dicht bij elkaar
- 2) door resorptie = resorptie atelectase
 - oorzaken
 - obstructie luchtweg en luchtresorptie → mucusprop, tumor
 - surfactant daling (ARDS), cicatriciele (RX therapie)
 - tekens
 - lokaal verhoogde waterdensiteit t.g.v. ↓ lucht in parenchym
 - aantrekken mediastinum, diafragma en fissuren
 - ribben dicht bij elkaar
 - compensatoire hyperinflatie andere long

Alveolair patroon

- Tekens
 - acinaire rosettes → rond wazig begrensd, wolkachtig
 - lucht alveologram → alveolen met toename waterdensiteit
 - luchtbronchogram → bronchus omgeven door opgevulde alveolen
 - silhouette sign = grote anatomische structuur verliest begrenzing
- Oorzaken → meestal water of etter
 - 1) transsudaat (water) = longoedeem
 - cardiaal oedeem t.g.v. linker hartfalen → p50-51
 - breed hart → cardiothoracale index
 - redistributie van de vaten = verdikken vaten naar longtop toe
 - pleuravocht
 - bilaterale opvulling alveoli
 - interstitieel vocht
 - renaal oedeem = teveel vocht (diffuse overvulling lichaam) → p52
 - vocht in de alveoli
 - breed rechter bovenste mediastinum = veneuze stuwning
 - opgezette azygosboog ≈ dikke bol boven bronchus
 - bloedvaten naar longtop even breed als naar basis
 - pleuraal vocht mogelijk, maar vaak niet veel
 - ARDS = beschadiging alveolaire wand → p53
 - opvullen alveolen → alveolaire vlekjes
 - opvullen interstitium
 - normale vaatdistributie
 - normale hartdoormeter
 - geen pleuravocht

	Cardiaal	Renaal	ARDS
Hart	Breed	Breed mediastinum	Normaal
Vaatboom	Verdikking naar longtop	Opgezette azygosboog	Normaal
Pleura	Vocht	Beetje vocht mogelijk	Geen vocht
Alveoli	Bilateraal opgevuld	Opgevuld	Opgevuld
Interstitium	Vocht	?	Vocht

- 2) exsudaat (etter) = pneumonie → p55-56
 - lobair
 - bronchopneumonie
 - atypische pneumonie → vb. bij TBC
 - echinococcus = parasiet die een cyste aanmaakt in het longparenchym
 - binnenwand vol met beestjes
 - koorts!
 - vaak na reizen
- 3) bloed
 - trauma
 - infectieus
 - tumoraal
 - vasculitis
- 4) aspiratie van voeding of maagvocht
- 5) tumor → adenocarcinoom met bronchoalveolaire verspreiding

Interstitieel patroon

- Tekens
 - streepjes → lineair of reticulair
 - grof, medium of fijn
 - bolletjes (nodulair)
 - centraal = langs de luchtwegen vanuit de hilus
 - perifeer = inter- of intralobulair
 - honingraad (honeycombing) → totale fibrose, destructie
 - diffuus wazig = mat glas (ground glas)
 - alleen zichtbaar op CT & behoud van vaattekening in aangetaste zones
 - = aandoening met stukje minder long ≈ wittere long maar met zichtbare vaatboom/luchtwegen → acute longpatho aan de gang maar je ziet nog niet wat → eerste stadium van infectie; is reversibel
- lijntjes of bolletjes < 1mm met 4-5 mm diameter
 - vb. p58-61 → interstitieel patroon opzoeken aan de buitenkant van de long want normaal lopen er geen bloedvaten langs de buitenste longrand DUS als je aan de buitenkant witte vlekjes/streepjes ziet is dit een interstitieel patroon t.g.v. verdikking van de interalveolarie septa
- Oorzaken → 300+ want alle was longpatho veroorzaakt geeft interstitieel patroon
 - infectieus ≈ atypische pneumonie → mycoplasma, fungi, virussen
 - lymphangitis carcinomatosa = verspreiding tumor in long via lymfevaten
 - = tumorinvasie
 - sarcoïdose
 - asbestose → asbestvezels nestelen zich in de long waarop een reactie ontstaat
 - allergische pneumonie → farmers lung
 - hartfalen

Bronchiaal

- Peribronchiale cuffing = verdikking bronchus
 - oorzaken → COPD, recidiverende bronchitis, zware rokers
- Mucus impactie in de bronchus
 - oorzaken → post pneumonie, CF

Bloedvaten

- Verbreding → pulmonale hypertensie, shunt, linker hartfalen

Longmassa's

- Histologische indeling⁴
 - Goedaardig → abces⁵, granuloom, hamartoom
 - Kwaadaardig → primaire longtumor, hematogene metastase
 - Meerderheid bolletjes in niet kwaadaardig
 - algemene regel: < 4 mm "negeren"⁶

Kenmerken van goedaardige vs. kwaadaardige massa's ⁷	
Goedaardig	Kwaadaardig
Homogeen	Heterogeen
(Soms) kalk	Geen kalk
Mooi afgelijnd	Groeit doorheen de anatomie
Supersnelle of super trage groei	Geleidelijke groei (vb. 0,5 cm/jaar) Met soms plotse groei-explosie na jaren
Ronde bol	Grillige vlek met uitlopers

⁴ Een goedaardige massa kan nl. ook fataal zijn

⁵ = afgelijnde bol met grillige wand vanbinnen → aankleuren wand, geen centrale aankleuring met contrast

⁶ ook al heeft de patiënte een primaire tumor (vb. borst)

⁷ Dit geldt ook voor mediastinale massa's

Longmassa's (vervolg)

- Primaire tumor
 - tekens → p64, p73-78
 - grillige aflijning en/of spiculaire uitlopers
 - geen rekening longanatomie
 - centrale necrose → kan worden opgehoest wanneer ingroei in bronchus
 - heterogene aankleuring met contrast
 - volume expansief
 - snelle verdubbelingstijd
 - obstructiepneumonie = pneumonie in longdeel achter tumor
 - types → adeno-, grootcellig-, kleincellig- squameus cel carcinoom (rokers)
 - ROKEN! → sigaretten bevatten extreem veel cancerogenen
 - Staging → voorbeelden p68-70
 - types → klinisch, pathologisch, biopsie
 - staging via PET-CT is beter dan via CT alleen
 - Tumor (0-4) → grootte en welke organen raak hij aan / groeit hij in
 - Nodes (klieren; 0-3) → aan/afwezig, long, mediastinum (uni-, bi- of contralateraal)
 - Metastasen (0-1) → aan/afwezig
 - Uit TNM wordt het stadium (I-IV) afgeleid
 - I-II → heelkunde
 - IIIa → mogelijks heelkunde
 - IIIb/IV → geen heelkunde meer
 - Screening voor longkanker??? → enkel voor hoog risicogroepen of als patiënt het zelf vraagt
 - hamvraag → je vindt de tumor vroeger, maar leven de patiënten ook echt langer dan als je de tumor later zou vinden? Sterven ze niet gwn op dezelfde moment maar weten ze bij screening gwn al veel eerder dat ze een tumor hebben?
 - 2 studies → Mayo group & Nelson study (p79-80)
 - HER 2 NEU receptor = nieuwe veelbelovende behandeling
- Hematogene metastasen → p81-82
 - vaak multipel
 - ronde aflijning (bollen)
 - evolutie in de tijd
 - geen verkalking → behalve metastasen van bottumoren en colonmetastasen onder therapie

b. Zwarte pathologieën⁸

= verhoging luchtdensiteit

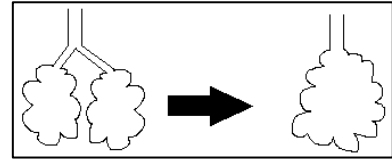
- 1) waterverlies in long → t.h.v. bloedvaten
 - longembolen → wegvallen druk en afname kaliber van de vaten
 - destructie longparenchym
 - vb. Swyer-James syndroom = lobaire pneumonie als baby met longdestructie & bloedvaten ontwikkelen zich niet in dit segment → 1 kwam met zeer dunnen bloedvaten

⁸ = dunnere bloedvaten en kapot longparenchym

2) Luchttoename in long

- o emfyseem → destructie of compensatie alveoli → p87

- longblaasjes klappen in elkaar open omdat de wand kapot gaat → ↓ uitwisselingsoppervlak & dunnere bloedvaten omdat er minder bloedvoorziening nodig is



- RX tekens

- verhoogde zwarting perifere longvelden
- afplatting koepels
- toegenomen ruimte retrosternaal
- arme perifere vaattekening
- horizontalisatie ribben

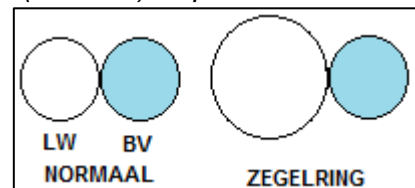
- CT tekens = destructie alveoli → 4 types van emfyseem

- centrilobulaire = kleine zwarte gaatjes → bij rokers
 - o meest frequente type: rond elke bloedvat zijn er zwarte plekkjes → diffuse zwarte vlekjes
- panlobulaire = diffuus zwartere long vnl. basis
 - o alfa-1 antitrypsine deficiëntie
- paraseptaal = zwarte gaten naast septa en perifeer
- paracatricieel = zwarte gaten naast litteken

- o holte of caverne → post infectieus destructie (vb. TBC) → p86

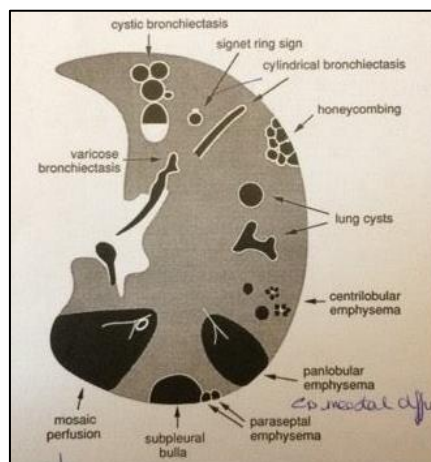
- o bronchiaal → bronchiectasieën (p84)

- = verbreden bronchi t.g.v. chronische overdruk of beschadiging
- zegelring = bronchus breder dan bloedvat (normaal even dik)
- cilindrisch en cystisch



- o bronchiole → air trapping (p83)

- vb. astmapatiënten: zones waar minder goede expiratie mogelijk is door inklappen luchtwegen waardoor lucht vast blijft zitten in alveoli/acini → ↓ ventilatie waardoor zwarte alveoli
- zwarte longholtes = zones zonder ventilatie
- mozaïek perfusie (zie figuur hieronder) → dunnere bloedvaten waardoor zones met meer vs. minder doorbloeding⁹



alle mogelijke zwartheden in de long (p85)

⁹ bij airtrapping, na longembool

5. Thorax op IZ

Dagelijkse RX (*want CT is te moeilijk*) bij 2/3 v/d patiënten op IZ → goedkoop & eenvoudig

- bepaalt in 65% van de gevallen mee het beleid
- er zijn wel beperkingen!
 - opname aan bed
 - zittend vs. liggend
 - patiënt kan moeilijk inademen → beademd, erg dyspneu
 - AP opname → moeilijk voor hart
 - lage kV (85 kV)
 - scapula over longvelden
 - digitale techniek = correctie van beelden naar een optimum
 - voordeel = betere beelden
 - nadeel = liggende patiënt met pleurvocht/longoedeem kan gemaskeerd worden (zeker wanneer bilateraal) omdat de pc automatisch de kleuren aanpast

Materiaal

- Endotracheale tube → vbn. p89-90
 - optimale positie = mid trachea
 - buigen/draaien/strekken van de hals → snel 2 cm verschil in positie tube
 - bij gebogen hoofd schuift de tube dieper en kan zo in de primaire hoofdbronchus (vnl. rechts) terechtkomen → slechts 1 long geventileerd!!
 - klinische evaluatie na intubatie (*vb. luchtbel blazen en luisteren epigastrisch met stethoscoop*) vaak onbetrouwbaar (fout bij 10%) ➔ RX noodzakelijk
 - Tracheotomie → p91
 - positie meestal geen probleem
 - uitsluiten mediastinale bloed- of luchtcollectie
 - uitsluiten bulging van de tracheale wand
 - Enterische tube / maagsonde → p91
 - zijgaten moeten in de maag zitten → soms in de bronchi en soms zelfs tot in pleurale holte (pleura perforatie) = infectierisico!
 - Veneuze centrale lijn → p92
 - pneumothorax uitsluiten als mogelijke complicatie
 - mediastinale bloeding uitsluiten
 - v. jugularis geraakt → hematoom, geen risico op long geraakt
 - v. subclavia geraakt → mogelijk ook long geraakt! ➔ RX thorax!
 - positie controleren → tip centraal v. cava superior
 - types
 - ballon pomp → onder linker v. subclavia en boven de renale venen
 - Swann Gans = meten longdruk → tip centraal binnen 2 cm van de longhilus (ballon afgelaten) → p94
 - verloop: v. subclavia > VCS > RV > truncus pulmonalis > long met ballonnetje → terug afdrukken wanneer geen meting
 - Pleurale drains
 - vocht → postero-basaal
 - lucht → antero superieur
 - liggende opname → pleurale lucht laag paracardiaal anterieur (p95)
 - op IZ → 1 dikke drain midden lateraal die zowel vocht als lucht zuigt
- ➔ Kijk ook steeds naar omgeving van de thorax ~ bot, weke delen hals, abdomen¹⁰

¹⁰ vb. lucht onder de koepels t.g.v. perforatie

6. Andere technieken

Punctie¹¹ voor diagnose en therapie

- Echografie → pleura- en pericard vocht
- CT
 - meeste longletsel
 - meeste anterieure en posterieure mediastinale letsels
 - drainage empyeem

→ Onder CT kan je sterieler werken dan onder echo, maar geeft wel meer stralingslast

Angiografie

- Embolisatie bloeding bronchiale arteriën, A-V malformaties
 - belangrijk!! → denk eraan bij massieve bloeding op spoed die niet direct kan gespot worden ~ via angiografie kan je de vaten dichtmaken voor je patiënt doodbloedt; direct opereren nutteloos want hiermee verlies je nog meer bloed
- Trombolysen longembolen → *wordt niet meer gedaan*¹²
- Dilataties letsels en stenting

Virtuele bronchoscopie (p97) → wordt niet meer gebruikt, enkel illustratief

Cardiale CT → 3D hart beeld mogelijk

- Toepassing = volgen coronairen over volledige lengte!
 - nut → score bepalen voor de occlusie van een coronaire ~ vanaf een bepaalde score grijp je in

Besluit

Algemeen

- Wit = massa, bloed, etter, water
- Zwart = altijd lucht!
- Alveolair = vlekjes
- Interstitieel = streepjes
- ➔ Herken fouten, lokaliseer ze, beschrijf (vorm, aflijning, ...) & beschrijf de densiteit

EXAMEN

- niet te veel details
- geen cijfers of eigennamen
- een stelling met "nooit" of "altijd" (vb. op vlak van massa's) is sowieso fout want alles is mogelijk → vb. alle goedaardige massa's zijn homogeen = fout

¹¹ Complicaties → pneumothorax (o.w.v. punctie door pleura), bloeding

¹² nu: perifere trombolysen en daarna heelkunde
oefening p100

ABDOMINALE RADIOLOGIE

Welke onderzoeken kan je doen?

- echografie → routine onderzoek en opvolging; 1^e keuze bij kinderen
 - relatief goedkoop (*UZ vs. Afrika*), makkelijk beschikbaar
 - LAGE sensitiviteit en specificiteit
 - + contrast mogelijk *maar wordt niet meer gedaan want CT/MRI is beter*
- CT → 1^e keuze voor abdominale problemen > diagnose, maar ook screening
 - met contrast 50 – 1 cc
 - fases → blanco < arterieel < portaal parenchymateus < laattijdig
 - snel, bereikbaar, weinig invasief
- MRI → 2^e lijn voor abdominale problemen = specifieke problemen
 - met contrast → Gadolinium, specifiek contrast
 - **MRI tekens niet kennen voor examen, enkel CT**
- angio / barium

Pathologie

- Beschrijving
 - locatie
 - densiteit
 - grootte
 - vorm
 - contrast aankleuring
- DDX opstellen
 - vasculair
 - inflammatoir
 - tumoraal
 - congenitaal
 - andere

1. Acuut abdomen

DDX

- vasculair → infarct darm/orgaan, aorta aneurysma/dissectie/ruptuur, hematoom
- inflammatoir → appendicitis, Crohn, diverticulitis, abces, PN, cholecystitis, ...
 - **belangrijk** → *als er iets ontsteekt (vb. stukje darm) dan wordt het vet errond witter/grijzer/minder zwart omdat er wat vocht diffuus tussen het vet dringt*
- tumor → colon, maag, lever, niet, pancreas, gynaeco
- andere → invaginatie, malrotatie, volvulus, niersteen

Klassieke beeldvorming = RX → niet voor diagnose, eerder alarmsignalen → wat bekijk je?

- verloop van de ureter → nierstenen
- zijn er luchtniveaus aanwezig in de darmen (~ *banden*) → pancreatitis, obstructie ...
- psoaslijnen (= *wit vlak met zwarte lijn errond*) → verdwijnen bij bloedingen, abces
- is er vrije lucht in het abdomen? → lucht onder de koepels
 - perforatie (*vnl. duodenum ulcus, diverticulitis*) vs. postoperatief/postlaparotomie
 - ddx → Kilaiditi, lucht in de darmwand (*necrose darmwand*), lucht in de lever

Vrij vocht in het peritoneum

- Echo of CT (*geen RX!*)
- oorzaken
 - ascites → leverfalen, portale hypertensie, hartfalen
 - levercirrose → splenomegalie + vrij vocht + varices
 - risico op klonter in v. mesenterica superior = verergering symptomen
 - bloed → trauma, aneurysma
 - infectie → appendicitis, diverticulitis, enterocolitis, peritonitis

2. Klassieke beeldvorming via RX

Slokdarm → slikfunctie

- RX + Barium contrast (→ *let op want geeft constipatie achteraf*)
- indicaties
 - motoriek slikfunctie
 - morfologie oesofagus → divertikels, massa (tumor, varices)
 - inflammatoire pathologie

Maag en duodenum

- RX met enkel of dubbel contrast → amper nog gedaan want endoscopie gecombineerd met CT of MRI vervangt het helemaal (*en is ook makkelijker*)¹³
- Doel = anatomie en morfologie → tumor, divertikel, plooien, ulceraties

Dunne darm

- Niet veel RX mogelijkheden → enkel endoscopie via ingeslikte capsule ≈ cameraatje
- Indicaties → functioneel, inflammatoir, tumoraal
 - weinig pathologie → brides, Crohn, Meckel divertikel
 - meeste pathologie te zien ter hoogte van de laatste lis

Colon en rectum

- RX via barium en lucht inspuiting
- onaangenaam onderzoek, voorbereiding!, coöperatie patiënt
- indicaties
 - lage obstructie, tumoren, poliepen, divertikels
 - inflammatoire pathologie → Crohn, rectocolitis
 - constipatie → extreme dilatatie colon (*DDX vrije lucht!*)
 - diverticulitis ~ bolletje op colon + vergrijzing vet errond (*soms perforatie maar niet per se*)
- vnl. voor morfologie

3. CT-enterografie

Methode

- oraal contrast
 - positief ~ gastrografine → inhoud wit + wanden zwart
 - neutraal ~ mannitol → inhoud zwart + wanden wit
 - negatief
- IV contrast → jodium

Tekens van acute ontsteking van de darmwand

- Verdikte wand → ontsteking (~ Crohn), tumor
- Verhoogde densiteit vet ~ vet wordt witter door vocht
- Mucosa kleurt meer aan

Ziekte van Crohn = 3 tekens van darmwand ontsteking + mogelijks fistels en/of abcessen

Nieuw = CT-virtuele colonoscopie → enkel in gespecialiseerde centra

- = virtueel beeld van colonoscopie kan bekeken worden om vb. poliepen aan te tonen
- MAAR als je iets ziet moet je sws een echte colonoscopie doen

4. Lever

Anatomie = 8 segmenten verdeeld over 2 lobben → 25% a. hepatica + 75% v. porta

3 fases van CT opname

- 1) blanco
- 2) arterieel
- 3) portaal / veneus
- 4) (laat)

¹³ kleine ulcers kunnen enkel met barium gezien worden en niet via CT!

Overzicht van de benigne leverletsels

- (biliare) cyste
- biliair hamartoom
- hemangioom
- focale nodulaire hyperplasie (FNH)
- hepatocellulair adenoom

Biliaire cyste (p23)

- = cyste (tot 10 cm) gevuld met verdund galvocht
- 50% v/d populatie heeft dit; prevalentie stijgt met leeftijd, meer bij vrouwen
- asymptomatisch (tenzij het een grote is en iets verdrukt)
- solitaire cyste vs. autosomaal dominant polycystische lever/nier ziekte¹⁴
- CT tekens (MRI geeft wel duidelijkere beeldjes)
 - water densiteit → 0 – 10 housefield units
 - dunne, onmerkbare wand
 - hyperdensiteit indien bloeding

Biliair hamartoom (p26)

- = focale collecties van galwegen, meestal multipel t.h.v. subcapsulaire zone (< 1cm)
- meestal toevallig gevonden zeldzaam
- CT tekens
 - hypodens en kleurt niet aan
 - lijkt op biliare cyste, maar zijn meestal multiple i.t.t. cyste

Hemangioom (p28)

- = goed omschreven massa (> 6 cm) met variabele grootte, gevuld met bloed, multiple
- = meest voorkomende benigne lever tumor (tot 20%) → stabiele letsels (zwangerschap!)
- meestal asymptomatisch (85%)
- 5x meer bij vrouwen

Focale nodulaire hyperplasie (FNH)

- = solitair letsel (< 5 cm) → geen necrose of hemorragie
 - scherp afgelijnd, gelobuleerd, geen kapsel
 - central scar (~myoomateus weefsel met prominente bloedvaten en galweg resten)
- CT tekens → specifiek kleuringpatroon (zie tabel) p31
 - atypische tekens → tumor volume, multipel, heterogeniteit, vet accumulatie, geen visualisatie of aankleuring van de central scar

Hepatocellulair adenoom (p35)

- = goedaardige proliferatie van de adenocyten (zeldzaam)
 - solitair, goed afgelijnd, vaak met kapsel
 - hepatocyten met vet- en glycogeen inhoud
 - arteriële vascularisatie → hemorragie, necrose, ruptuur
- etiologie → spontaan, hormonen (de pill!), onderliggende metabole aandoening
- opgelet! → risico op levensbedreigende bloeding

Leverabces

- = hypodens massa met dikke aangekleurde wand, soms multipel
- typische kliniek → koorts, pijn
- diffuus > hepatitis ↔ focaal > bacterie
- evolutie → inflammatie > ontstaan wand > inflammatoire reactie in omliggend leverweefsel > dalen centrale densiteit + necrose > gasvorming (indien anaeroben) > uni- of multiloculair
- behandeling = drainage via punctie (CT begeleiding) + spoelen + antibiotica

¹⁴ ADPK heeft leveraantasting in 40% van de gevallen en enkel leveraantasting in 15% van de gevallen

		Biliaire cyste	Biliair hamartoom	Hemangioom	FNH	HCA
Vorm		Rond	Rond	Licht onregelmatig	Rond	Scherp afgeijnd
Wand		Dun	Dun	Niet zichtbaar	Geen	Vaak kapsel
Aan- kleuring	Blanco	Niet (<i>overall even zichtbaar</i>)	Niet	Isodens lever	Niet	Hypodens
	Arterieel			Aan buitenkant	Snel volledig, behalve de central scar (wit)	Hyperdens (snel helemaal aankleuren)
	Veneus			Volledig	Direct ontkleuren + dense scar (zwart)	Snelle wash out
	Laat			Blijft dens	Enkel scar, rest niet te zien	/

Overzicht van de maligne levertumoren → beeldvorming beter via MR, tumormarkers!

- Primaire
 - hepatocellulaire → HCC (90%), FLC, hepatoblastoom
 - cholangiocellulaire → cholangioma, cystadenoma
 - mesenchymaal → angiosaroom
- Secundaire → veel meer voorkomend dan primaire
 - metastasen
 - lymfoom

Hepatocellulair carcinoom (HCC)

- stijgende incidentie
- meer dan 90% van de gevallen bij pt met cirrose ~ alcohol, hepatitis
- carcinogenese
 - de novo
 - multistep ontwikkeling → dysplastische nodule > vroege HCC > vroeg-gevorderd HCC > gevorderd HCC
- diagnostische aanwijzingen
 - steatose, necrose/hemorragie, fibreus kapsel, tumor trombus, neovascularisatie
- CT → variabele densiteit, hypervascular, snelle aankleuring arterieel en snelle wash out
 - cirrose (p42) → heterogene lever, gelobuleerd, wat kleiner
- moeilijke diagnose (*metastase vs. HCC*) → biopsie!

Hepatische metastasen (p46)

- vnl. afkomstig van colon, maag, pancreas, galblaas, borst
 - bijna alle kankers zaaien uit naar de lever
- beeldvorming → doelwit aspect (*van binnen naar buiten*):
 - centrale necrose
 - tumorweefsel
 - collageen pseudokapsel
 - veneuze stase (circumferentiële zone)
- algemeen
 - variatie in grootte, samenhang, respons, groei, vascularisatie
 - tumor trombi in portale / hepatische venen
 - bloedvoorziening bijna altijd veneus
- beter te zien op MR
 - meestal heterogeen met wazige begrenzing
 - hypervascular → snel hyperintens tijdens arteriële fase + isointens in portale fase
 - *trekken zeer veel bloed aan ~ mimicken adenomen!*



Leversteatose

- = vervetting van de lever (*wordt zwarter*) → volledig reversibel
- oorzaken → diabetes mellitus, obesitas, alcohol, slechte nutritie
- CT (p52) → lever is zwarter en de bloedvaten zijn witter
 - *normaal zijn de bloedvaten zwarter dan de lever*

Levercirrose

- evolueert sws → niet reversibel
- CT (p54)
 - vroegtijdig → hepatomegalie, heterogene aankleuring, maar meestal normaal
 - later → verkleind volume, hobbelig
 - extra hepatisch → ascites, splenomegalie, preportale varices
- systemische complicatie = portale hypertensie
 - andere oorzaken zijn obstructie van
 - lever vene = post-sinusoïdaal
 - portale vene = pre-sinusoïdaal
 - complicaties → ascites, splenomegalie, varices(bloeding), porto-systemische shunt

IJzer overload → wittere lever (*witter dan nier*)

- oorzaken → hemochromatose, siderose, cirrose, hemolyse

5. Milt

Pathologie

- trauma → miltruptuur ~ *zwarte plekken en bloed rond milt*
- splenomegalie → kan ook scheuren!
 - hematologisch
 - levercirrose
 - infectieus (vb. mononucleose)
- miltinfarct → driehoekige hypodense zones = zones met minder bloedvoorziening
 - idem beeld bij lever
 - *als de milt en lever al infarcten vertonen, zijn er wrs al embolen op andere plaatsen*

6. Pancreas, galblaas en galwegen

Beeldvorming

- ERCP = endoscopische retrograde cholangiopancreatografie
 - endoscoop tot in duodenum + katheter in galwegen via papil van Vater → contrast inspuiting → RX
- MRCP = magnetic resonance cholangiopancreatografie ~ MR met contrast

Pathologie

- Lithiasen → stenen in de galwegen
 - best te zien wanneer ze verkalkt zijn
 - vergrijzing van het vet rond de galweg
 - stuwning van de galwegen
 - *moeilijk te zien wnr distaal, niet verkalkt ...*
- Pancreatitis
 - acuut vs. chronisch
 - acuut → pseudo digestieve stenose
 - chronisch → calcificaties, cysten, dilatatie v/d ductus v/ Wirsung
 - oorzaak → tumor, steen, bacterie, chemisch
 - evolutie ~ enzymen verteren het weefsel en creëren een pseudocyste
 - necrose
 - risico op surinfectie
 - behandeling = verbinding cyste met maag zodat enzymen worden gedraineerd

- Pancreas tumoren
 - insulinoma
 - ~ klein bolletje dat zeer sterk aankleurt
 - kan zowel benigne als maligne zijn
 - *benigne ??? ~ secreteert wel insuline!*
 - adenocarcynoom
 - zeer kwaadaardig
 - vaak pas laat ontdekt → slechte prognose o.w.v. inoperabel bij diagnose
 - ambetante locatie

Bijnieren

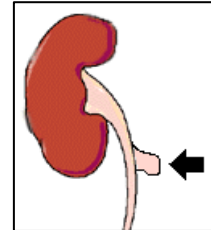
- worden groter met de leeftijd
- vaak adenomen, banaal
- vaak metastasen

7. Nieren

Pathologie

- Lithiase → stenen in het pyelocalicieel stelsel
 - kliniek → bewegingsdrang, pijn, nausea, braken, (micro of macro) hematurie
 - echografie → hydronefrose en calcificaties (hyperintens + naslagschaduw)
 - dikke plompe kelken en verbrede ureter voor steen, normaal erna
 - *echo is een goed onderzoek voor nieren en blaas, maar niet voor de ureters → niet voor diagnose → diagnose bevestigen via blanco CT*
 - blanco CT met fijne coupes
 - nefromegalie
 - perirenale stranding/vocht
 - hydronefrose
 - verbrede ureter
 - peri-ureterale stranding
 - uretersteen visualisatie
 - rim teken = weke delen reactie rond plaats van steen occlusie
 - ~ *klein wit randje rond de ureter*
 - vertraagde aankleuring nier (*t.o.v. andere*) bij contrast toediening
- Acute pyelonefritis
 - echo → vaak aspecifiek en dus geen nut
 - abces
 - pyonefrose = gedilateerde tractus met inliggende echogeniciteiten
 - CT
 - unilaterale nefromegalie
 - perirenale stranding
 - wigvormige defecten
 - abcesvorming
- Renale cysten
 - zeer frequent (*bijna iedereen*); toename met leeftijd
 - meestal asymptomatisch (*kan wel bloeden, maar zelden*)
 - idem beeld als lever cysten
 - beeldvorming
 - echografie → anechogene nodule met dunne wand
 - CT → hypo-echogene nodule met dunne wand; geen contrastcaptatie
- Tumoren
 - angiomyolipoom = benigne gemengde tumor → vet, bloedvaten, spierweefsel
 - echografie → hyperechogene nodule
 - CT → vetcomponent; septa

- niercelcarcinoom → diagnose en staging via CT en MRI
 - hypervasculaire tumor → kleurt arterieel aan
 - bloeding mogelijk
 - centrale necrose mogelijk
 - onregelmatige vorm
- Malformaties
 - agnesie
 - malpositie
 - hoefijzernier → fusie nieren
 - PUJ stenose ~ ureter is dicht → afunfunctionele nier waardoor die afsterft
 - *kan beeld agnesie geven wanneer laat ontdekt*
 - duplicaties v/d ureter
 - ureterocoele = uitstulping van de ureter
 - *belangrijk bij nucleaire beeldvorming want hier worden vaak tracers gebruikt die urinair worden uitgescheiden ~ je krijgt een hotspot in de ureterocoele → is dit een metastase of een ureterocoele → CT*
- Trauma



8. Gynaeco

CT heeft weinig belang → MR is 1^e keuze + transabdominale/vaginale echo

- visualisatie van vagina, uterus en adnexen

Myomen = goedaardige tumor van het spierweefsel van de uterus

- +/- 20% vrouwen > 30 jaar
 - belang bij kinderwens om dat het de implantatie kan bemoeilijken
- ligging → submuscosaal, intramuraal, subserosaal
- DDX ovariële massa
- beeldvorming
 - echografie → meestal hypo-echogeen
 - CT → isodens t.o.v. uterus; calcificaties mogelijk
 - MR is wel de betere keuze! → grote heterogene massa
- behandeling → heekunde OF embolisatie (*tumor verschrompelt want bloed is weg*)

Ovariële tumoren

- benigne cyste
 - benigne folliculaire cysten vs. bilaterale polycystische ovaria (PCOS)
 - jonge vrouw → amenorree, infertiliteit, obesitas, acne, hirsutisme
 - beeldvorming
 - echografie
 - MR → hypo T1, hyper T2
 - chocolade cyste > endometriose
 - cysten gevuld met dik bruin bloed
 - meestal bilateraal en groot, kan leiden tot cyclisch gebonden pijn
 - beeldvorming ~ MR → hyper T1 en T2
- dermoïd cyste = goedaardig cyste met embryonaal weefsel (*haar, tanden, vocht ...*)
 - *er is een kans op ontaarding ondanks benigne karakter → behandelen!*
- cystadenoom
- cystadenocarcinoom

Prostaat → MRI voor visualisatie en staging prostaatcarcinoom (*CT totaal nutteloos*)

- carcinoom → start perifeer ~ urineproblemen pas laat
- adenoom → start centraal ~ urineproblemen starten vroeg

Scrotum → enkel visualisatie via echografie

NUCLEAIRE RADIOLOGIE¹⁵

Atoom → nucleus = protonen & neutronen (normaal evenveel)

Isotopen = atoom met zelfde aantal protonen maar ander aantal neutronen

- isotoop met onstabiele kern (omdat er meer neutronen zijn) streeft naar terugkeer naar een stabiele toestand → **radioactiviteit** = energie die hierbij vrijkomt
 - energie = partikels of elektromagnetische golven
 - verval = fenomeen van energie uitzending
 - half leven = tijd totdat de helft van het radioactief atoom is vervallen
 - kan lang (dagen) of kort (uren) zijn → naargelang doel therapie
 - niet alle isotopen zijn radioactief
- Je moet altijd motiveren waarom je een nucleair onderzoek doet want je werkt met radioactiviteit!

Productie van radioactieve (*om te gebruiken voor onderzoeken*)

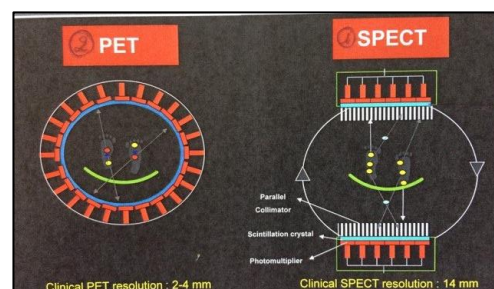
- Productie in de kerncentrale → technesium (Tc) generator ($t_{1/2}$ 6h)
 - blijft 1 week goed → wekelijkse aankoop
- Productie in het ziekenhuis → Cyclotron
 - = toestel, geopereerd door fysicus, dat protonen projecteert op zuurstofatomen die gebruikt worden om fluor te activeren waarbij positronen worden vrijgegeven
 - $^{18}\text{O} + p \rightarrow ^{18}\text{F} (9p,9n) + n$
 - dit fluor wordt gebruikt om een glucose molecule radioactief te maken (via chemische koppeling uitgevoerd door de (radio)chemicus)
 - nut → tumoren nemen veel glucose op waardoor radioactief glucose kan gebruikt worden voor de lokalisatie van tumoren over het hele lichaam via beeldvorming (uitgevoerd door de arts)

Behandelingsoptie

- moleculen die gebruikt worden om kanker via beeldvorming aan te tonen (specifieke binding aan kanker) → gebruiken als moleculen om isotopen aan te brengen

PET vs. SPECT¹⁶

- SPECT = single-photon emission computed tomography
 - detecteert vrijgave van 1 foton (partikel)
 - detector (blauw) registreert enkel wat er loodrecht opvalt → andere deeltjes worden weggefilterd door de collimator (loodrooster) → je verliest veel signalen, maar dit is noodzakelijk omdat je anders niet kan interpreteren vanwaar de straling komt
 - PET = positron emission tomografie
 - detecteert 2 (gamma) stralen die vrijkomen (fluoractine)
 - zelfde principe als SPECT, maar omdat er 2 stralen worden opgevangen is er een betere interpretatie (en dus geen wegfiltering) nodig
 - vaak ik combo met CT (= *PET-CT*) → CT zorgt voor anatomische interpretatie (want zie je niet duidelijk op PET omdat je enkel naar radioactieve deeltjes kijkt)
- PET heeft een hogere resolutie en vereist minder radioactiviteit MAAR heeft een hogere stralingslast



¹⁵ 20 MKV over nucleaire op examen met giscorrectie; vbn. zie extra bundeltje SK

¹⁶ EXAMEN

Hart en vaatstelsel

Er zijn 3 types nucleaire beeldvorming voor hart & vaten

- 1) Myocard scintigrafie
- 2) Rust/Stress myocard scintigrafie
- 3) Nucleaire angiografie (*wordt minder gedaan dan vorige*)

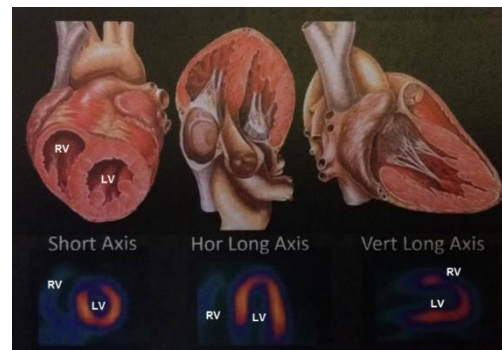
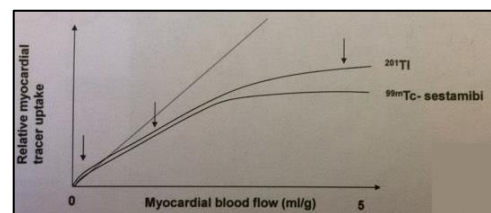
1. Myocard perfusiescintigrafie

Doel

- Bepalen van de regionale myocardperfusie → grootte van de infarctzone
- Bepalen linker ventrikel ejectionfractie (LVEF) en linker ventrikel contractiliteit
- Opsporen van significant coronair lijden = ischemie → risico op hartinfarct
 - meest frequent aangevraagd
- Opvolging therapie (vb. revascularisatie)
- Preoperatieve risico evaluatie

Methode

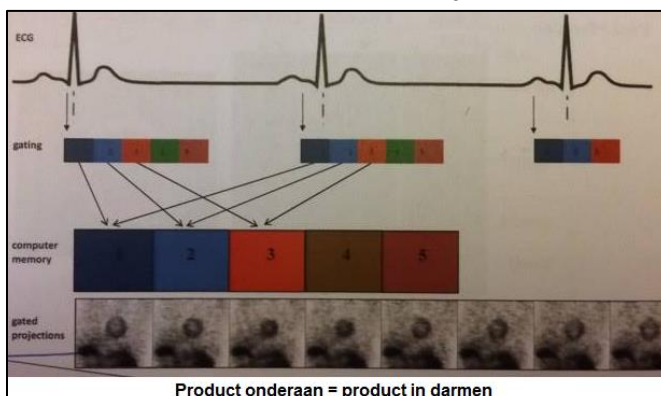
- IV injectie ^{99m}Tc -SestaMIBI
 - = technesium gelinkt aan molecule dat bindt aan de mitochondriën van de hartspiercellen naargelang de flow
 - hoe meer flow, hoe meer product opname
- Beeldvorming
 - radioactiviteit enkel waar spier goed doorbloed is
 - donkere zones
 - waar slechte doorbloeding is (*vb. door plaque*)
 - fibrose weefsel door doorgemaakt infarct
 - 3D hart beeld maken is mogelijk



Op de korte axis zie je superieur minder doorbloeding

➔ ECG gated SPECT opnames

- Op de beeldvorming (*strook onderaan*) zie je het hart (*radioactief product in cirkel*) groter en kleiner worden = contractie hart
- Dit kan gekoppeld worden aan het gelijktijdig afgenomen ECG
- Het resultaat is een "filmpje" van het hart in radioactief beeld (*cirkel met opgelichte en donkere zones*)
- Voordeel → je kan hiermee de LVEF berekenen



- nut → opvolging van behandeling ($p6$): je ziet een progressief dalen van de LVEF ≈ evolutie naar hartfalen

2. Rust/stress myocard scintigrafie

Doel = inschatten van cardiovasculair risico

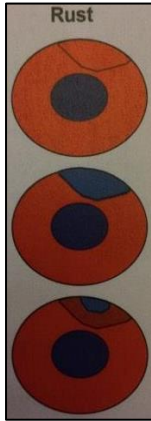
- Risicofactoren → roken, leeftijd, diabetes, hypertensie, hypercholesterolemie
- ≈ wanneer ga ik verder (vb. preventief) bij een risico patiënt die vage klachten (borstpijn) heeft → *kan immers ook slokdarmpatho, spierpijn, etc. zijn*

Wat? → vergelijking van 2 studies = rust vs. inspanning/farmacologische stress

- Stress door inspanning (fysische stress) → fietsen of stappen (*loopband*)
- Farmacologische stress
 - voor patiënten die geen maximale inspanning kunnen leveren (30-40%)
 - perifere vasculair lijden
 - CVA
 - orthopedische problemen
 - respiratoir gecompromitteerde patiënten
 - patiënten onder beta-blokkers
 - gebrekkige medewerking
 - contra-indicaties
 - hoe? → stimulatie van de coronaire bloeddoorstroming
 - directe vasodilatatie → adenosine, dipyridamole
 - contra-indicaties
 - 2^e en 3^e graads AV-blok zonder pacemaker
 - de test kan nl. een volledige AV blok induceren!
 - acute wheezing
 - systolische druk < 90 mmHg
 - < 2 dagen geleden AMI of onstabiele angor
 - relatieve CI/s → astma, COPD, sick sinus syndroom, bradycardie (<40/min), klepaandoeningen
 - ondanks vele CI's is dit toch een goed onderzoek, want een normale scan betekent sws geen infarct
 - bijwerking = ernstige astma aanval!
 - inotrope effecten (indirecte vasodilatatie) → dobutamine
 - minder goed dan directe coronaire VD, maar noodzakelijk bij pt. at risk voor een astma aanval door adenosine/dipyridamole
 - contra-indicaties
 - recent infarct < 1 week geleden of onstabiele angor
 - aortastenose
 - hypertropische cardiomyopathie
 - atriale tachyartimie met ongecontroleerde ventriculaire respons
 - ventriculaire tachycardie (> 160/min)
 - ongecontroleerde hypertensie (syst. BD > 210 mmHg)
 - abdominaal/aorta aneurysma
 - linker bundeltak blok
 - patiëntenvoorbereiding!!!
 - geen beta)blokkers gedurende 48u (*Tenormin, Emcor*)
 - geen langwerkende nitraten gedurende 48u en kortwerkende 3u (*Cedocard*)
 - geen calciumantagonisten gedurende 48u (*Isoptin, Tildiem*)
 - geen medicatie op dag van onderzoek en nuchter vanaf 24u (wel water)
 - geen cafeïnehoudende dranken, chocolade of banaan de avond voordien
 - zorgen ervoor dat coronairen niet meer kunnen vasodilateren → normale scan terwijl er toch ischemie mogelijk is
 - insuline afhankelijke diabetici moeten insuline meenemen!

Principe

- Inspanning vereist een verhoogde doorbloeding want de hartspier heeft nood aan nutriënten en zuurstof → bij een stenose kan het “zieke” deel minder goed bloed toelaten dan de gezonde kant
- ➔ Een verschil tussen rust-stress myocard perfusiescintigrafie wijst op een aandoening → 3 mogelijke situaties



1) Ischemie ≈ reversibel defect

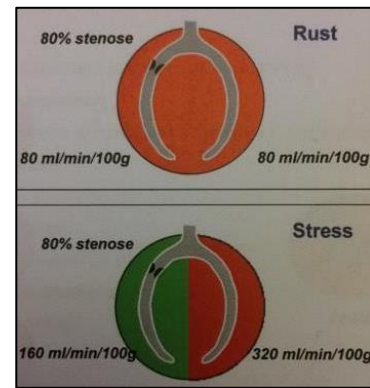
- door stenose is er minder ischemie tijdens inspanning in het deel na de stenose
- nut beeldvorming → ligging, grootte, welke coronair

2) Littekenweefsel ≈ vast defect

- littekenweefsel fungeert als een vaste beperking van de bloedstroom
- mindere perfusie na aangetaste vaatwand IN RUST

3) Ischemie + littekenweefsel ≈ partieel reversibel defect

- er is een defect in rust dat groter wordt bij stress
- zeer hoog risico op een groot hartinfarct!



➔ Voorbeelden p 11-12

- communicatie in het EMD volgens polar map (≈ bullseye/roos met apex in het midden)
 - aanduiden aangetaste zones
 - score per zone naargelang ernst defect → automatisch via pc, maar soms correctie nodig (*altijd nakijken!*)
 - 0 = normaal
 - 1 = dubbelzinnig
 - 2 = matig
 - 3 = ernstig
 - 4 = geen opname
 - punten van alle zones optellen
 - som rust = graad van myocard schade
 - verschil tussen som-stress en som-rust = graad van ischemie

3. Nucleaire angiocardiografie

Doel

- Bepalen LVEF
- Opvolging van cardiotoxiciteit bij chemotherapie

Methode

- Injectie ^{99m}Tc -albumine → ^{99m}Tc gemerkte RBC
- Beeldvorming → ECG gated opname, planair of SPECT
 - voorbeeld p 15
 - $LVEF = \frac{Max\ cts - min\ cts}{Max\ cts} \times 100$

Voordelen

- snel en relatief eenvoudig onderzoek
 - *er bestaat een andere techniek, die misschien wel een beetje beter is maar wel 45 min duurt, wat je dus wilt vermijden voor de pt. want deze techniek is ook goed*
- kleine foutmarge (< 5%) → zeer accurate techniek
 - van belang bij monitoring
- operator onafhankelijk

Long ventilatie en perfusie scintigrafie

Longcirculatie

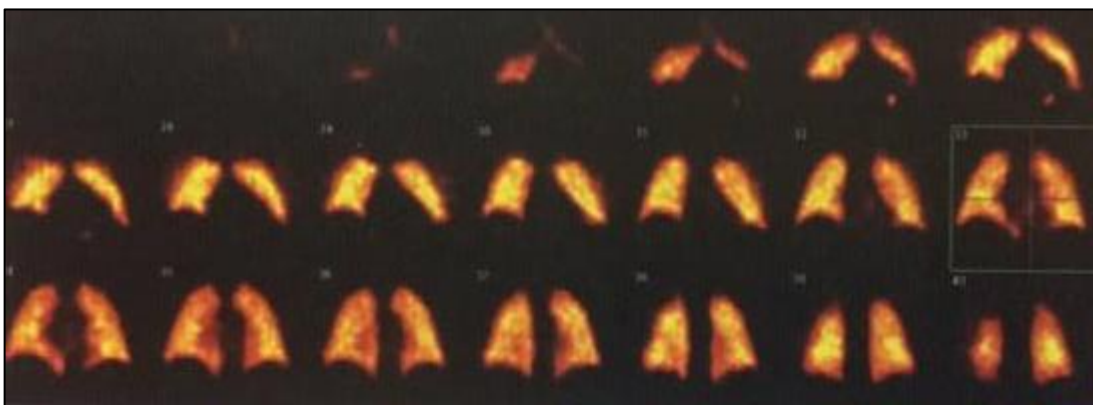
- Bronchiaal > LV → hoge druk, zuurstofvoorziening long zelf
- Pulmonair > RV → lage druk/resistentie, zuurstofuitwisseling

Longembolus = obstructie pulmonale circulatie > losgelaten stukjes veneuze trombi → URGENTIE

- Oorzaken
 - DVT → typisch bolle, pijnlijke kuit
 - trombi in RV of RA
 - trombi in bekkenvenen → zwangere vrouw!!
- Risicofactoren
 - stase of turbulentie → immobilisatie (fractuur, heilkunde), atriumfibrillatie
 - verhoogde coagulatie → orale anticonceptie, sikkel cel, polycythemie, maligne aandoeningen (paraneoplastisch syndroom)
- Symptomen → ddx AMI!
 - dyspneu → acuut en progressief
 - pleurale pijn
 - hoesten
 - tachycardie (palpitaties)
 - syncope
 - pijn onderste ledematen (DVT)
- Voorzorgsmaatregelen
 - pt. laten liggen of zitten → niet stappen om bijkomende embolie te vermijden
- Onderzoeken voor diagnose
 - bloed → D-dimeren, bloedgas (laag PCO₂, normaal O₂)
 - ECG (ddx AMI)
 - RX thorax → ddx pneumonie (*idem symptomen maar met koorts en fluimen*)
 - **Long ventilatie/perfusie scintigrafie** → normale ventilatie & verstoorde perfusie = V/S mismatch
 - CT thorax met contrast
 - Echo doppler onderste ledematen

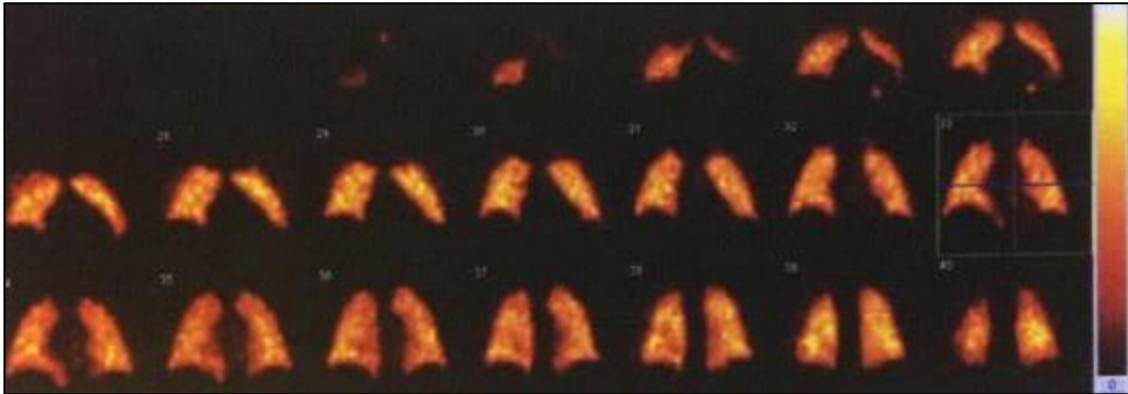
Long ventilatie scintigrafie

- Technegas = Tc op verhit koolstof (grafiet) → inademen → verspreid waar ventilatie is



Long perfusie scintigrafie

- IV toediening radioactief gemerkte macroaggregaten (kleine bolletjes \approx micro embolen)
 - kleine hoeveelheid om niet gevaarlijk te zijn
 - dosis radioactiviteit 5x hoger dan ventilatie
 - 10-50/90 μ m diameter macroaggregaten \rightarrow pulmonaire circulatie = 7-10 μ m
 - \rightarrow tijdelijke microembolisatie in (pre)capillaire vaatbed met een distributie die de pulmonaire bloedcirculatie weergeeft
- gebieden met verstoorde bloedstroming zullen gezien worden als perfusiedefecten met verminderde of afwezige activiteit



\rightarrow Normaal zien V & Q scan er hetzelfde uit \rightarrow p 8-10 vbn. van longpatho waardoor V/Q verschil

Botscintigrafie

1. Inleiding

Situering \rightarrow frequent uitgevoerd onderzoek

- o.b.v. studie calciummetabolisme
- laat toe een volledig overzicht van het skelet te bekomen
- zeer grote gevoeligheid \rightarrow metabole afwijkingen treden vroeger op dan structurele
 - vb. minieme traumata wél al te zien op botscintigrafie
- weinig specifiek (*groot nadeel!*) \rightarrow nood aan info die bijdraagt tot \uparrow specificiteit
 - klinische inlichtingen
 - voorgeschiedenis van de patiënt
 - aanvullende detailopnames
 - tomografische opnames

Principe

- 1971: ontwikkeling difosfonaten (MDP, HDP) gemerkt met ^{99m}Tc
- Deze worden opgenomen (= *fysiochemische absorptie*) t.h.v. het hydroxyapatiet van het bot vnl. t.h.v. recent aangelegd osteoïd \rightarrow osteoblastische activiteit
- Occasioneel is er opname t.h.v. zachte weefsels t.g.v. calcium excess (hypoxie, necrose)

Opbouw van het bot

- normaal \rightarrow evenwicht osteoblastische – osteolytische activiteit
- remodelling (o.i.v. PTH, vit. D, stress, ...) \rightarrow 18% skelet jaarlijks vernieuwd bij volwassene

Waarvoor vraagt men botscintigrafie aan?

- 50% oncologie \rightarrow metastasen opsporen, follow-up oncologische patiënten
- 30% orthopedie \rightarrow occulte fracturen, sportpatho, algoneurodystrofie, evaluatie prothesen
- 10% reumatologie \rightarrow evaluatie gewrichtslijden (initieel of onder behandeling)
- 10% interne geneeskunde \rightarrow evaluatie metabole botaandoeningen, nazicht osteomyelitis (diabetici \sim diabetes neuropathie), musculoskeletale pijn van ongekende oorzaak, detectie van goedaardige bottumoren

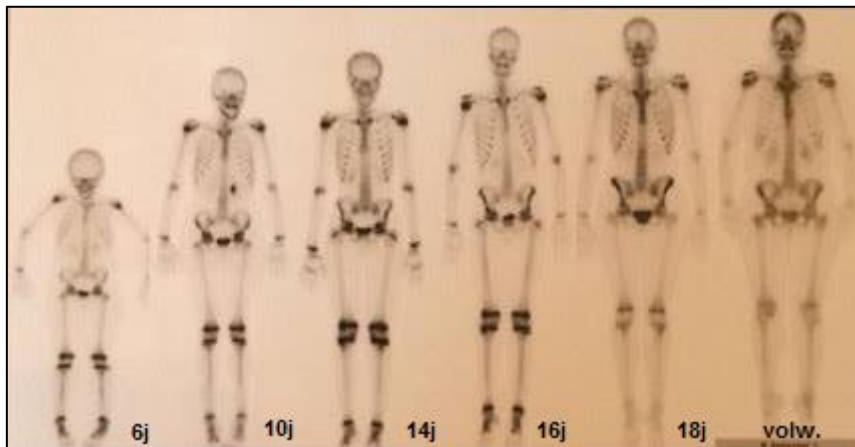
2. Uitvoering en interpretatie van het onderzoek

Volgorde van opname → p2

- 1) Toediening tracer op $T_0 = {}^{99m}\text{Tc-MDP}$ 740MBq
 - beeldvorming is afhankelijk van de hydratietoestand pt. → tracer wordt 50-60% renaal geklaard → diurese (*door drinken*) stimuleren = ↓ stralingslast
- 2) Vroege fase
- 3) $T_{150-240'}$ → Whole Body opname (± 20 min) → anterieur + posterieur vlak (*planair*)
- 4) Details → doel = specificiteit verhogen
- 5) Tomografie (SPECT)¹⁷ → roterend beeld (*uit verschillende hoeken*) → meer details
 - Projecties leiden tot orthogonale plannen (via reconstructie) of volume rendered beelden → p3

➔ SPECT vs. planaire beelden

- Voordelen van SPECT t.o.v. planair
 - toename in contrast
 - eliminatie van superpositie problemen
 - vnl. voor schedel, wervelzuil, bekken, knieën, voeten
 - nauwkeurige lokalisatie van hotspots
 - Nadeel SPECT → resolutie blijft = planaire beelden!
- SPECT zorgt voor toename van de specificiteit en sensitiviteit



Zwarte vlekken = plaatsen van botaanmaak → vergelijk links met rechts!

3. Klinische Toepassingen

a. Neoplastische aandoeningen van het bot

3 types → p5

- osteosarcoom
- endochondroom
- osteoïd osteoom

➔ scintigrafische afwijkingen zijn niet pathognomonisch!

→ er bestaat een belangrijke overlap in het voorkomen tussen de verschillende maligne tumoren en sommige benigne pathologieën

¹⁷ Combo met CT mogelijk

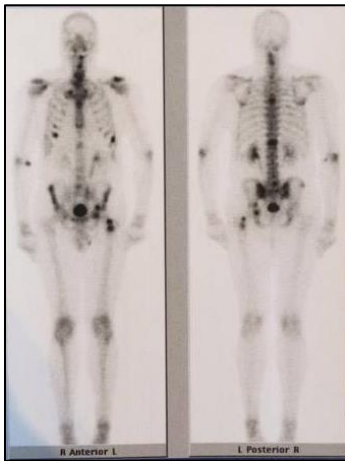
b. Metastatische botaandoeningen

Classificatie (*niet absoluut*) gebaseerd op botreactie

- zuiver osteolytisch > thyroïd, nier, bijnier, uterus, GI-tractus, multipel myeloom
 - vaak niet gezien op botscintigrafie!
- zuiver osteoblastisch > prostaat (!), long, maag, ...
- gemengd osteolytisch – osteoblastisch > borst, long, cervix, ovaria, testes

Gewijzigde osteoblastische activiteit t.g.v. therapie

- flare fenomeen = reactionele botaanmaak t.g.v. succesvolle therapie
 - meer actief voorkomen van bestaande foci
 - visualisatie van “nieuwe” haarden
 - kan tot verschillende maanden na chemotherapie
- hypo-actief voorkomen van botstructuren na radiotherapie



Prostaatcarcinoom met metastasen (\approx hotspots) in proximale femur, ribben en heup

c. Traumatologische en orthopedische botpathologieën

Fracturen

- Bijzondere omstandigheden waarbij accuraatheid botscintigrafie >> RX techniek
 - fracturen t.h.v. sternum, scapula, sacrum en middenvoet
- Metabole afwijkingen kunnen typische radiografische veranderingen in de tijd voorafgaan
 - scaphoid-, bekken- en talus fracturen
 - fracturen proximale femur bij ouderen en patiënten met osteoporose
- Interval tussen toegenomen osteoblastische activiteit en fractuur
 - < 65j → 95% + na 24u
 - > 65j → 95% + na 72u
 - occasioneel kunnen axiale fracturen nog later tekenen
- Opgelet! → schedelfracturen hebben lage sensitiviteit (*en worden dus vaak gemist*)
 - negatieve botscintigrafie \neq geen schedelfractuur aanwezig



Groenhoutrfracturen:

Links → tibiaal verhoogde botaanmaak

Rechts → femoraal verhoogde botaanmaak

Overbelastingsletsels

- herhaalde overbelasting van het bot kan aanleiding geven tot botreacties
 - periosteale hyperactiviteit
 - transcorticale fractuur
 - stress fractuur → p11-12
 - t.h.v. normaal bot = fatigue fracture
 - t.h.v. abnormaal verzwakt bot (vb. osteoporose) = insufficiënte fractuur

Lokalisatie	Uitlokkende factor(en)
Sesamoid, metatarsalen	Langdurig staan, marcheren
Os navicularie	Langdurig staan, marcheren, lang lopen
Tibia, fibula	lange afstand lopen
Lumbale wervelzuil	Ballet, turnen, gewichtheffen
Ribben	Hoesten, golf

- voorbeelden → p10
 - periostitis → pijn in beide onderbenen
 - shin splints → pijn in beide onderbenen

Evaluatie van prothesen (p13-14) → klinische problemen!

- zeer moeilijke diagnose
- weinig pathognomonische radiologische afwijkingen
- majeure therapeutisch implicatie (~ *orthopedische ingreep in seniele populatie*)
- ➔ 12 maanden post insertie van orthopedisch prothesemateriaal is in normale omstandigheden de osteoblastische reactie genormaliseerd

Lage rugpijn

- = frequente pathologie in heterogene populatie
 - accurate diagnose = sleutel tot therapiekeuze & succes van behandeling
- radiologie geeft zeer accurate structurele informatie MAAR
 - belangrijk aantal anatomische afwijkingen in asymptomatische populatie
 - ± 30% patiënten met lage rugpijn vertoont radiologische afwijkingen op meerdere niveaus

d. Infectieuze botpathologie

vb. acute osteomyelitis t.h.v. ledematen → diabetic foot p14

e. Articulaire pathologie

Botsintigrafie = uiterst gevoelig voor vroegtijdige diagnose gewrichtslijden

→ toegenomen osteoblastische activiteit t.g.v. remodelling

Eenmaal diagnose gesteld → mogelijkheid tot objectiveren v/d respons op ingestelde behandeling

Evaluatie van andere dan het pijnlijke gewricht is mogelijk → whole body survey

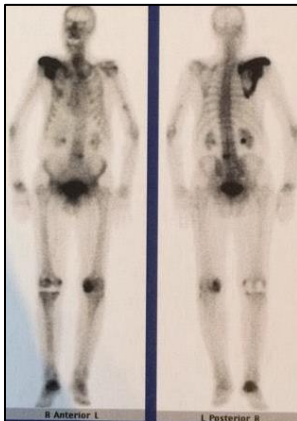
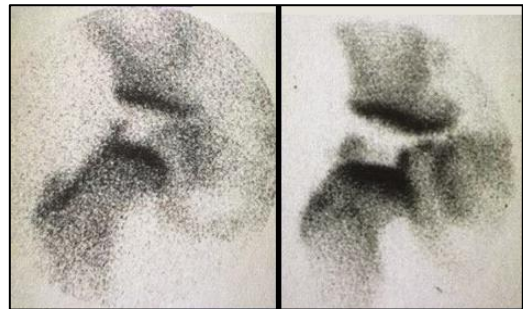


Beeld van reumatoïde artritis
→ aantasting distale kleine gewrichten

f. Vasculaire botpathologieën

Avasculaire necrose

- = onderbreking van de botvascularisatie
- oorzaken
 - exogeen/endogeen
 - fractuur (vb. caput femoris, scaphoid)
 - hypercortisolisme (caput femoris, knieën)
 - sikkel cel ziekte
 - alcoholisme
 - pancreatitis
 - idiopathisch
 - ...
- scintigrafisch aspect
 - initieel → hypovascularisatie en afwezige osteoblastische activiteit
 - genezings/remodelingsfase → toegenomen vascularisatie en osteoblastische activiteit
- voorbeeld: avasculaire femurkopnecrose
 - pijn in de heup
 - nood aan langdurige rust → anders risico op kopdeformatie
 - eenzijdig > chronisch steroïdgebruik
↔ bilateraal > idiopathisch



g. Metabole aandoeningen

Ziekte van Paget = osteitis deformans

- etiologie → mogelijk viraal
- asymptomatisch in 90% cases
- = excessieve remodeling (vorming & resorptie)
 - in langdurige gevallen volumetoename en verzwakking van de betrokken botstructuren met pathologische fracturen

Uro- en nefrologie

Nucleair onderzoeken vnl. voor evaluatie en follow up van gekende uro-nefrologische patho

- unieke functionele info complementair aan structurele info
- weinig morfologische details → radiologische technieken

Indicaties voor nucleair uro-nefrologisch onderzoek

- absolute GFR
- refluxpathologie → vb. VUR (*kan leiden tot recidiverende UWI*)
- gescheiden nierfunctie, obstructieve pathologieën
- acute pyelonefritis, littekens
- evaluatie van transplantnier

Wat voor tracer kies je?

- snelle clearance → evaluatie excretie (in vivo / in vitro)
- trage clearance → evaluatie nierparenchym

1. Evaluatie van glomerulaire filtratie: absolute GFR

Renale klaring = glomerulaire filtratie (passief) en/of tubulaire secretie (actief)

GFR = plasmavolume volledig geklaard per tijd → weergave van renale plasmaklaring v/e stof

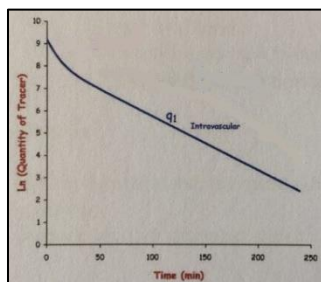
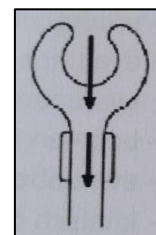
- meest representatieve parameter nierfunctie
 - relatief constant onder standaard condities (o.a. bloeddruk)
 - onafhankelijk van urinaire flow
- voorwaarden voor de geklaarde substantie
 - ongehinderde filtratie door de glomeruli
 - geen reabsorptie/eliminatie t.h.v. de tubuli
 - geen binding aan plasmaproteïnen
 - niet nefrotoxisch, geen verstoring van de nierfunctie
 - geen bijkomende extrarenale uitscheiding
 - metabool inert

Indicaties voor GFR bepaling → wanneer we de exacte nierfunctie willen kennen

- vroegtijdige opsporing van verminderde nierfunctie in risicopatiënten
- evaluatie van ziekteprogressie en prognose
- evaluatie van therapie met effect op de nierfunctie
- bepalen van dialyse en transplantatienood
- evaluatie van potentiële nierdonoren
- klinisch onderzoek waar GFR de primaire “outcome” is

Meting a.d.h.v. exogene substanties

- IV bolusinjectie van EDTA¹⁸ gemerkt met radionuclide ⁵¹Cr
 - dit wordt glomerulair gefilterd met zeer lage & cte extrarenale klaring
 - $t_{1/2} = 27,7$ dagen & gamma emissie = 5 keV → niet geschikt voor beeldvorming (*want te laag*) → in vitro counting
 - klaringmechanisme = glomerulaire filtratie
 - geringe activiteit na toediening waardoor de stralingsbelasting (ondanks lange $t_{1/2}$) zeer laag is
- Meten van activiteit in bloedstalen op verschillende tijdstippen
 - 1-2 bloedafnamen → exacte tijdstip weten & moet in trage fase curve zijn !
 - a.d.h.v. bloedconcentraties kan men de curve reconstrueren (*1 afname is genoeg*)
- Berekening van klaring
 - $C = \frac{Q}{\int P(t)dt}$ → Q = toegediende activiteit en $\int P(t)dt$ = oppervlakte onder de curve
- Standardisatie van het resultaat
 - gezien het extracellulaire volume geklaard door de nier varieert per individu (afhankelijk van de body size) wordt de GFR gestandaardiseerd t.o.v. lichaamsoppervlak → eGFR = ml/min/1,73m²
- Accuraatheid → drempel op 30 ml/min/1,73m²
 - significante verschillen → > 30 ml/min/1,73m² = 12-16%
 - < 30 ml/min/1,73m² = 33%
- Beperking → bij belangrijke hoeveelheden extracellulaire vocht (vb. oedeem), zal een deel van het ⁵¹Cr-EDTA uit het plasma diffunderen → vals hoge GFR



Bi-exponentiële verdeling

→ initieel snel & vervolgens traag

Helling wordt bepaald door de GFR

¹⁸ ethylene damine tetraacetic acid

2. Evaluatie van vesico-urethrale reflux (VUR)

Diagnose en opvolging van VUR → 4 belangrijke vragen

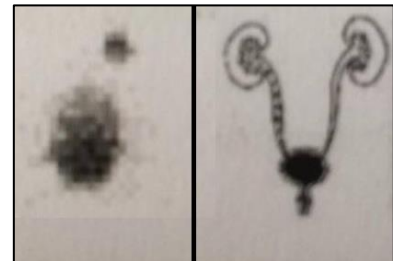
- 1) Is er VUR aanwezig?
- 2) Wat is het aantal refluxen? → hoe meer, hoe meer risico op complicaties
- 3) Treedt VUR op tijdens blaasvulling / mictie?
- 4) Wat is de gradatie? → tot hoe hoog in de urinewegen

Principe

- Vulling van de blaas (evt. herhaald) met radioactieve oplossing
- Beelden maken tijdens de vullingsfase & tijdens mictie
 - *telkens opnieuw dosis geven maar wel bijzonder lage stralingslast*

Directe VUR scintigrafie

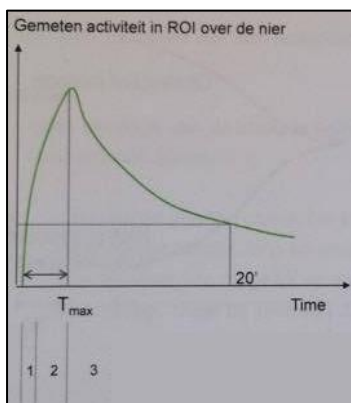
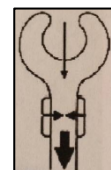
- Verloop
 - Toediening ^{99m}Tc perchnetate-oplossing via blaaskatheter
 - Beeldvorming tijdens vullingsfase & tijdens mictie
 - Profylactische toediening van urinair antisepticum
- Voordelen
 - geen contra-indicaties
 - continue monitoring tijdens vulling en mictie → sensitieve methode
 - zeer geringe stralingsbelasting
- Nadelen
 - kan onderliggende redenen VUR (vb. *anatomische afwijking*) niet aanduiden
 - grading VUR veelal onmogelijk
- Beeldjes genomen om de 20s → je ziet de blaas vullen en daarna een actieve zone boven de blaas



3. Evaluatie van gescheiden nierfunctie en obstructieve pathologieën

Isotopisch nefrogram

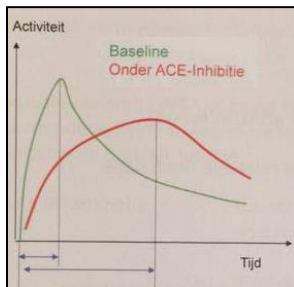
- Indicaties
 - evaluatie van gescheiden nierfunctie
 - urine-afvoer van nier, pyelum en ureter
 - AHT van vermoedde renovasculaire oorsprong
- Contra-indicaties → geen absolute MAAR inaccurate resultaten bij ernstig ↓ nierfunctie
- Principe
 - tracer komt in nier → snelle piek, gevolgd door snelle afvoer tracer (via filtratie)
 - tracer meestal ^{99m}Tc -MAG₃ (*mercaptoacetyltriglycine*)
 - $t_{1/2} = 6\text{u}$
 - gamma emissie = 140 keV
 - klaring via glomerulaire filtratie + tubulaire secretie



- Tijd-activiteitcurve
 - = verloop van extractie en excretie van tracer door de nier/blaaas (p11)
 - verschillende parameters beschrijven het verloop v/d curve → maar exacte kwantificatie is moeilijk
 - verloop in 3 fases
 - 1) bloedvoorziening → vascularisatie
 - 2) behandeling MAG₃ door nier → parenchymale integriteit
 - 3) excretie efficiëntie → obstructie
- ➔ figuren p12

Indirecte radionuclide cystografie (IRC) → kan onderdeel van isotopisch nefrogram zijn

- Voordelen
 - geen sondage van de blaas nodig
 - fysiologische blaasvulling
- Nadelen
 - resultaten kunnen moeilijk te interpreteren zijn i.g.v. urinaire stase
 - éénmalige blaasvulling en evaluatie tijdens mictie mogelijk
 - i.g.v. Furosemide mogelijk verstoorte resultaten
 - kan alleen maar bij kinderen die “toilet trained” zijn
- Voorbeeld p14 → om de 20s worden beelden genomen
 - je ziet een activiteit boven de blaas ontstaan → VUR



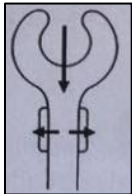
AHT van vermoedde renovasculaire oorsprong¹⁹

- renale arterie stenose (RAS) gaan niet altijd gepaard met AHT!
- angiografie → anatomisch criteria slecht van beperkte waarde
- nefrogram → suggestieve parameters voor RAS zijn
 - < 40% uptake
 - vertraagde time-to-peak
 - vertraagde excretie

4. Evaluatie van acute pyelonefritis²⁰ en littekens

Renale corticale scintigrafie

- Indicatie = evaluatie van het nierparenchym
 - acute pyelonefritis (PN)
 - corticale sequelen (≥ 6 maanden na acute infectie)
 - opsporen ectopische nier
 - evaluatie nierfunctie en bepalen relatieve nierfunctie
- Contra-indicaties → geen absolute MAAR inaccurate resultaten bij beperkte nierfunctie
- Principe



- meest gebruikte radiofarmacon = ^{99m}Tc-DMSA (*dimercaptosuccinic acid*)
 - $t_{1/2} = 6,02u$
 - gamma emissie = 140 keV
 - klaringsmechanisme = glomerulaire filtratie + tubulaire reabsorptie
- L/R ratio van opname bepalen → normaal 50/50%
 - vb. 57/43% = beeld van acute pyelonefritis

Bij acute PN zijn er zonder van verminderde ^{99m}Tc-DMSA opname

- corticale opname DMSA verstoord door
 - vermindering van de regionale renale bloedvoorziening
 - verstoorte tubulaire functie
- acute inflammatie
 - toxische enzymen > neutrofielen → schade aan tubulus cellen
 - intravasculaire occlusie door aggregatie van granulocyten → verstoorte bloodflow
- Een normaal of genormaliseerd DMSA onderzoek tijdens of kort na een hoge UWI is geassocieerd met een zeer laag risico op permanente nierschade → p18
- Beperkingen
 - hypo-actieve zones op DMSA zijn niet specifiek voor PN
 - onderscheid tussen recente en oude letsels in niet altijd mogelijk

→ OVERZICHT p38

¹⁹ principe van ontstaan AHT p15 → activatie RAAS (via renine secretie)

²⁰ Belang van diagnose want er is risico op functieverlies, AHT ...

PET = positron emissie tomografie

Types van radioactief verval

- alfa straling
- beta staling
- positron emissie → positron = antimaterie deeltje dat vrijkomt uit artificiële born met veel protonen in de kern
- x-ray
- gamma straling

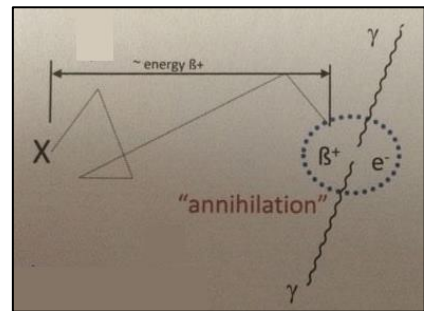
1. Positron emissie

Cyclotron = deeltjesversneller → schiet proton in waterkern van enriched [^{18}O]- H_2O

- $^{18}\text{O} + \text{proton} \rightarrow ^{18}\text{F} + \text{neutron}$
 - *dit neutron heeft geen lading, maar wel massa en dus groot penetrerend vermogen → cyclotron staat in bunker omdat neutronen destructief zijn*

Positron emissie

- 1) Desintegratie
- 2) Energie → grillig verloop over een bepaalde afstand (*onzekere afstand*)
- 3) Annihilatie = 2 fotonen migreren 180° van elkaar weg
→ 1 positron geeft aanleiding tot 2 fotonen met elk een energie van **511 keV**
 - *enorm penetrerend vermogen!*
 - *fotonen worden gedetecteerd op PET*
 - *verschil met klassieke nucleaire gk → PET camera heeft ander kristal dat meer energie (fotonen) kan tegenhouden*

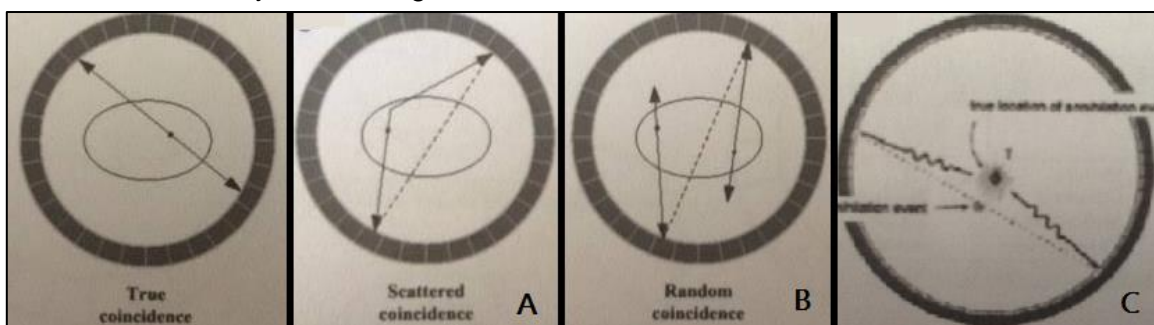


Principe van de PET camera/scanner

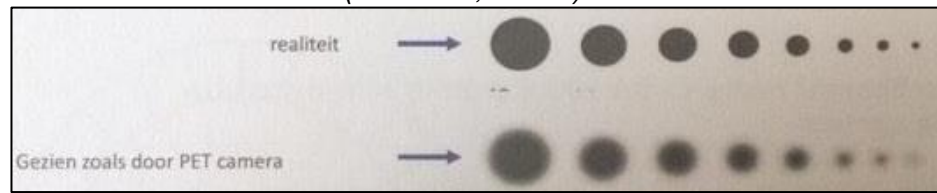
- PET scanner = cirkel van duizenden detectoren
- wanneer 2 fotonen op dezelfde moment (= **coïncidentie**) gedetecteerd worden op 2 verschillende detectoren, dan ligt de bron op de lijn die deze 2 plaatsen verbind (= **line of response / LOR**)
 - *via nieuwe camera's kan nu tot op 10 cm nauwkeurig bepaald worden waar ergens op die lijn via het berekenen van het verschil in arrival time*
 - *fotonen migreren met de snelheid van het licht!*
- uiteindelijk krijg je vele lijnen → stralingsbron ligt op het snijpunt
- er zijn sterke computers nodig om de beelden te kunnen genereren

Nadelen van PET

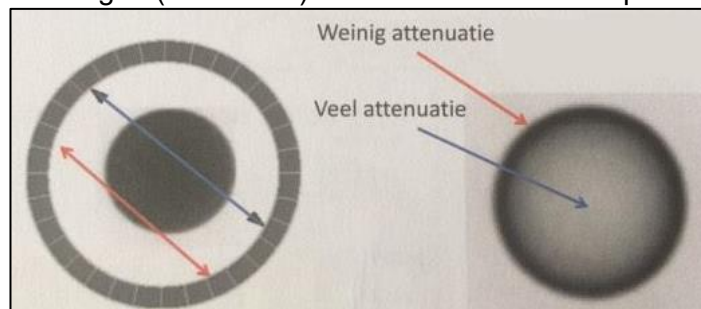
- Ruis op de beelden
 - A. scatter → een foton kan wat energie verliezen en daardoor afwijken van zijn originele koers, maar nog genoeg energie bevatten voor detectie
 - B. random coincidentie → toevallig tegelijk aankomen van 2 fotonen uit een verschillende bron (*~ bij veel activiteit*)
 - C. non-colinearity → nog niet alle energie is verlopen voor annihilatie waardoor de overblijvende energie wordt verbruikt na annihilatie en een hoek creëert



- Slechte spatiele resolutie → +/- 4 mm
 - partieel volume effect → hoe kleiner de stralingsbron, hoe waziger → kleine volumes worden onderschat (*vanaf < 0,8-1 cm*)



- Attenuatie
 - hoe dikker een massa, hoe minder detectie want fotonen op de LOR moeten doorheen de massa migreren → *je krijgt een bol met een donkere buiten rand (weinig attenuatie) en een bleke binnenkant (attenuatie)*
 - dikke pt. hebben meer attenuatie dan dunne
 - dit kan ge bypassed worden dankzij complementaire CT scan die het attenuerend vermogen (\approx dichtheid) van de weefsels kan bepalen



Voordelen van PET

- geen collimator²¹ nodig → hoge specificiteit (*~ 100x meer dan gamma camera*)
- detectie-capaciteit → +/- $10^{13} - 10^{15}$ gemerkte moleculen

Toepassingen van PET → zeer uiteenlopende domeinen

- Oncologie (95%)
- Neurologie → hersenactiviteit meten
- Cardiologie → wordt nog weinig toegepast
- Onderzoek → preklinisch en klinisch

2. Radiofarmaca van de PET/CT camera

Meest gebruikte

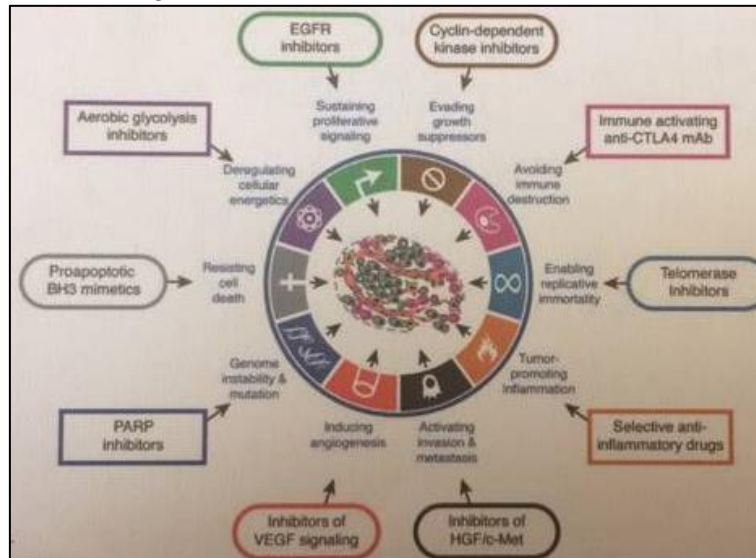
- ^{18}F → kort halfleven (*110 min*)
 - ^{68}Ga → kort halfleven (*68 min*)
- } *Je moet 's ochtends genoeg maken om 's avonds nog genoeg te hebben voor een test*

Deze kunnen gekoppeld worden aan allerlei moleculen

- small molecules → vb. FDG = fluor deoxy glucose
- peptides
- antilichamen
- nanopartikels
- ...

²¹ = soort filter waardoor fotonen enkel loodrecht op de detector kunnen vallen (zie eerder)

3. PET/CT in de oncologie



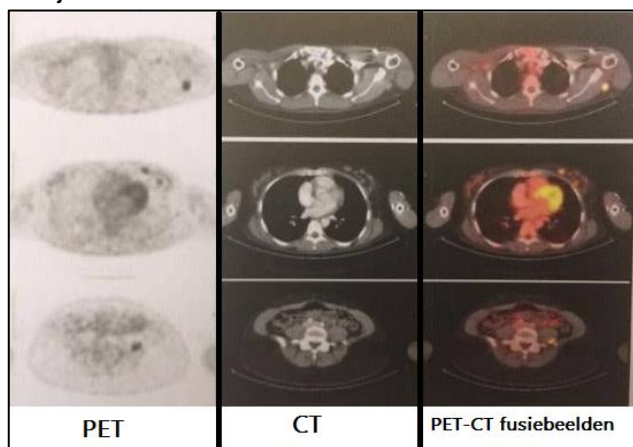
a. ^{18}F FDG PET/CT in oncologie → p12

^{18}F -FDG = ^{18}F -fluoro-deoxy-glucose

- zelfde affiniteit als glucose voor GLUT
 - GLUT1 → overexpressie in geactiveerde macrofagen = inflammatie & tumor
 - GLUT3 → neuronen
 - *FDG is een slechte merker voor hersentumoren, want er is enorm veel glucose opname in de hersenen (zien zwart)*
 - GLUT4 → spieren ~ opname is insuline afhankelijk
 - ook de nier wordt zwart op PET/CT → geen reuptake van FDG waardoor er dus concentratie is in de nier²² en blaas
- wordt in de krebscyclus ook gefosforyleerd tot ^{18}F -FDG-6-P MAAR hierna kan het niet verder worden omgezet (zoals glucose) → trapping van ^{18}F -FDG-6-P in de cel
- scan meet de opname van ^{18}F -FDG-6-P in de weefsels

Nemen van de PET/CT scan

- nuchter houden (min. 6u) om hyperglycemie te vermeden
 - bij te veel glucose treedt er competitie op tussen ^{18}F -FDG en glucose
 - *! er mag ook niet te veel insuline zijn, want dan is er deviatie naar spieren (GLUT4)*
- geen spiergebruik → na injectie 60 min stilliggen
- hydrateren om tracer uit lichaam te verwijderen
- aandachtspunten
 - inflammatie kan vals positieve resultaten geven
 - variatie in de background → vb. een hyperactieve tumor zie je goed in de longen, maar helemaal niet in de hersenen
 - nut van CT = lokalisatie van tumor in via PET onduidelijk gebied



²² de nier is het enige orgaan in het lichaam dat onderscheid kan maken tussen glucose en gemerkt glucose

b. Tumorevaluatie

De intensiteit van het ^{18}F -FDG signaal is gecorreleerd met tumoragressiviteit

- Hoe meer opname, hoe groter de probabilliteit voor maligniteit \neq bewijs voor maligniteit
- SUV (= *standardized uptake values*) = semi kwantitatieve parameter voor FDG opname
- FDG uptake in cancer sites \sim aantal viable cells

Bepalen van staging kan ook via ^{18}F -FDG PET/CT

- PET/CT combinatie zorgt voor een verhoogde sensitiviteit, specificiteit en accuraatheid
- Ook metastasen kunnen via ^{18}F -FDG PET/CT gedetecteerd worden

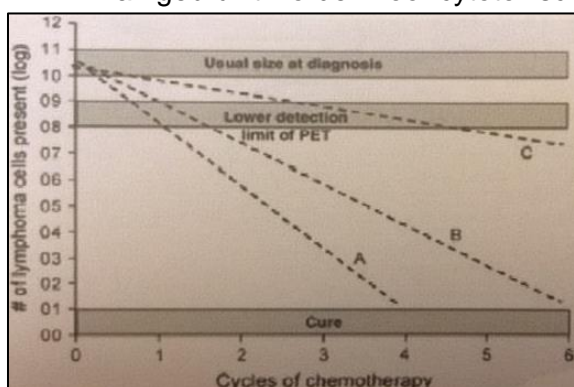
c. Therapie monitoring

Enkel CT \rightarrow evaluatie van tumorvolume

- traag proces
- moeilijk wanneer litteken weefsel aanwezig is \rightarrow geen onderscheid tussen residueel tumorweefsel en fibrose \rightarrow nood aan biopsie
- beperkte waarde bij cytostatische therapieën \rightarrow de groei van de tumor ligt stil, maar het duurt maanden eer verkleining zichtbaar is

^{18}F -FDG PET/CT \rightarrow evaluatie van de metabole activiteit

- kan gebeuren tijdens of kort na therapie
- niet accuraat bij therapie die gepaard gaat met inflammatie
- kan gebruikt worden voor cytotoxische / cytostatische therapieën



Evaluatie van de tumor na 2 cycli van chemotherapie

- A. geen activiteit meer \rightarrow goede respons
- B. nog wat activiteit \rightarrow respons, maar niet geweldig
- C. veel activiteit \rightarrow slechte respons

Vbn. p18-19

d. Andere toepassingen van PET/CT in de oncologie

^{18}F FET PET/CT

- verhoogd aminozuur transport (LAT1-opregulatie) bij primaire hersentumoren
- = tumor specifieke merker

^{68}Ga PET/CT

- productie in kerncentrale \rightarrow praktisch want maanden houdbaar, niet groot, makkelijk te koppelen aan moleculen en ideaal halfleven (68 min)
- ^{68}Ga -PMSA PET/CT \rightarrow p22
 - PSMA type II cell transmembranair glycoproteïne = small molecule merker \rightarrow opregulatie in zeer hoog percentage van de prostaatacarinomen
 - toepassing = opsporen recidief prostaatacarinoom
- ^{68}Ga DotaNOC PET/CT \rightarrow p24
 - = octreotide analoog met hoge affiniteit voor SSTR (*somatostatine-receptoren vnl. type 2 en 5*) \rightarrow beoordeling SSTR-expressie bij neuro-endocriene tumoren
 - toepassingen
 - bevestiging van neuro-endocrien karakter
 - voorspellen effect somatostatine therapie met koude / radioactief gelabelde liganden

4. Niet oncologische indicaties voor PET/CT

a. PET/CT in de neurologie

Evaluatie glucose metabolisme \approx synaptische activiteit

- hoe meer opname van ^{18}F -FDG, hoe meer hersenactiviteit
- p25 \rightarrow meting hersenactiviteit & vergelijken met normale referenties
 - blauwe zones = minder FDG opname dan verwacht
- toepassingen
 - pt. met verminderde cognitie \rightarrow (pre-)Alzheimer = pariëtale & temporale $\downarrow\downarrow$
 - opsporen van epilepsie wanneer die via EEG niet lukt \rightarrow $\uparrow\uparrow$ bij aanval
 - tracer toedienen op moment van aanval = logistiek moeilijk (*continue monitoring etc.*)

Receptor imaging \rightarrow dopamine en serotonine

- via specifieke tracers (*idem principe als voor somatostatine*)

b. PET/CT in de cardiologie

Bepalen van de fractie v/h myocard dat na een infarct nog kans heeft te herleven

- in ischemische myocyten is de opname van FFA's geïnhibeerd en de opname van glucose gestimuleerd \rightarrow metabole shift die is aan te tonen via ^{18}F -FDG PET/CT
- vb. p26

Aantonen van vulnerable plaques = atheroomplaques in coronairen \rightarrow p27

- inflammatoire plaques hebben hoog risico op los te komen \rightarrow risico op infarct bepalen

c. PET/CT en inflammatie

Atheroomplaques aantonen (*zie hierboven*)

Gewrichtsaandoeningen \rightarrow vb. p28

SAMENGEVAT

Positron emitters

- annihilatie proces (e^+ & e^-) resulteert in vrijkomen van 2 hoogenergetische fotonen die in tegenovergestelde richting migreren \rightarrow DUS geen detectie van positronen zelf!
- verschillende (*cyclotron/generator geproduceerde*) positron emitters worden gebruikt in de geneeskunde
 - verschillende $t^{1/2}$
 - verschillende energie positron
 - verschillende chemische energie
 - ALTIJD zelfde energie van de fotonen = 511keV

PET radiofarmaca

- ^{18}F -FDG is de meest gebruikte tracer in oncologie, maar heeft ook toepassingen in neurologie, cardiologie en inflammatie
- andere meer specifieke radiofarmaca worden gelabelled met ^{18}F of alternatieve positron emitters (vb. ^{68}Ga)

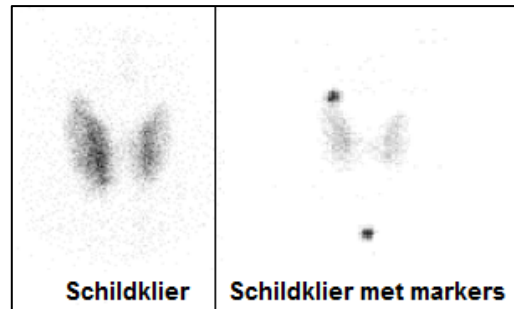
PET camera

- detectie van 511 keV fotonen o.b.v. coïncidentie
- i.t.t. SPECT zijn voor PET geen collimatoren nodig \rightarrow hoge sensitiviteit
- koppeling aan CT (*of MRI*) \rightarrow attenuatie-correctie, functie koppelen aan structuur

Schildklier

Schildklier aandoeningen

- Morfologie
 - krop
 - afwezige schildklier
 - nodule(s)
- Functie
 - hyperthyroïdie → TSH gedaald
 - hypothyroïdie → TSH gestegen
- Kanker



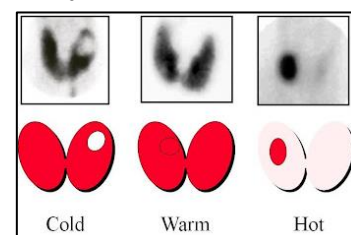
1. Schildklier scintigrafie

Uitvoeren van het onderzoeken

- Voorbereiding van de patiënt → stop medicatie inname
 - thyreostatica (*Strumazol, Propylthiouracil*) ~ 3 dagen
 - thyroxine T4 (*L-thyroxine, elthyron*) ~ 4 weken
 - *in praktijk al na 1 week om symptomen hypothyroïdie te vermijden*
 - jodium inname ~ tot 3 maanden
 - contrast onderzoeken, vitaminen, medicatie (*Amiodarone = antiaritmicum*)
 - *I inname zorgt SK voor verzadiging ~ gemerkt I wordt niet opgenomen*
- Injectie van de tracer = ^{99m}Tc -pertechnetaat (185 MBq = 5 mCi)
 - de tracer wordt opgenomen in de Na-I-symporter
 - in SK, maar ook in speekselklieren
 - het I wordt geïncorporeerd in thyroïdhormoon en geëxcreteerd
- 15 min wachten → *zodat de tracer in de SK kan trekken*
- Foto's van de SK maken via een pinhole collimator
 - markers = anatomische info → *duikt nodule diep onder sternum?*
 - ook foto van de dij om de background te berekenen → counts SK / counts dij
 - normaal 6-8

Indicaties voor SK scintigrafie

- Krop
 - klachten → slikken, drukgevoel, ademen OF vaak asymptomatisch²³
 - homogene vs. heterogene hypercaptatie
- Nodule(s) → wat is de aard ~ koud vs. warm
 - koud = ↑ risico op maligniteit → cytologie
 - toxisch = t.g.v. hyperthyroïdie → TSH bepalen
- Hyperthyroïdie → wat is de oorzaak?
 - ziekte van Graves = auto-immune thyroïditis
 - toxische nodule
 - toxische multinodulaire krop
 - jodiumcontaminatie
 - post partum thyroïditis ~ *soort afbraak van de SK*
 - De Quervain thyroïditis
 - LT4 abus (vroeger in vermageringspilletjes)
- Pediatrische
 - ectopische schildklier ~ sublinguale massa (*SK is niet gezakt*)
 - hypothyroïdie → is er nog SK-weefsel aanwezig
 - *bij volw. heeft beeldvorming voor hypoT geen zin, tenzij bij nodule*



²³ moeten we dan behandelen?

2. Jodium captatie test

Doel

- Bepaling hoe sterk de SK jodium opneemt en hoe snel het wordt uitgescheiden
 - bepaalt welke dosis moet gegeven worden voor behandeling
- Het onderzoek wordt enkel uitgevoerd met oog op behandeling met radioactief I

Uitvoering van het onderzoek

- Drinken van de tracer = I^{131}
 - *100x lagere concentratie dan voor echte I^{131} -therapie*
- 24u wachten
- Metingen → hoeveel dosis zit nog in de SK en hoeveel al in bloed²⁴
 - meting v/h aantal counts binnen een bepaalde tijd t.o.v. referentie
 - bloedafname met bepaling van het aantal counts t.o.v. referentie

Resultaat

- Jodium captatie index = percentage na 24u in SK
 - hoge waarden > 40% bij hyperthyroïdie
 - lage waarden bij jodium contaminatie <10%
- Protein bound iodine (PBI) = turnover
 - normaal < 1%/L
 - > 1%/L bij hyperthyroïdie (vnl. Graves)

Conclusie

- Voorstel van een dosis radioactief jodium o.b.v. het volume van de SK (~ echo) en de jodium captatie en PBI
- ambulant → 6-15 mCi
- hospitalisatie → 15-50 mCi

3. I^{131} -therapie

Indicaties

- Volume reductie bij krop
- Hyperthyroïdie
 - ziekte van Graves
 - toxische nodule
 - toxische multinodulaire krop

Nevenwerkingen = hypothyroïdie (vnl. bij Graves omdat de volledige SK wordt bestraald)

- droge mond
- smaakstoornissen
- tandafwijkingen
- verergering van exophthalmie

Principe = cel destructie via beta-verval

- I^{131} : $n \rightarrow p^+ + e^- (\beta\text{-deeltje}) + \text{neutrino}$
- beta-deeltjes = energieafzetting op relatief korte afstand²⁵ → weefseldestructie

Uitvoering van de behandeling

- Drinken van de dosis (in glazen buisje zodat je het niet moet aanraken)
- Leefregels om stralingslast van omgeving en jezelf te beperken
 - vermijd kinderen / zwangere vrouwen ~ 5 dagen
 - veel drinken, af en toe snoepje ~ 3 dagen
 - urineer zitten (spatten mannen vermijden) ~ 7 dagen
 - werkonbekwaamheid ~ 7 dagen
 - vermijd zwangerschap ~ 6 maanden
 - stop borstvoeding

²⁴ vb. bij Graves wordt SK-hormoon sneller uitgescheiden → hogere dosis geven

²⁵ alfa-deeltjes hebben een nog kortere afstand

4. Schildklier carcinoom

Indeling

- Jood-avide tumoren → goede prognose (10j survival 80-90%)
 - gedifferentieerd SK carcinoom
 - papillair type
 - folliculair type
- Niet-jood-avide → vaak slechtere prognose
 - anaplastisch SK carcinoom (= *volledig gedifferentieerd*)
 - medullair SK carcinoom
 - lymfoom
 - sarcoom
 - metastase

Behandeling van gedifferentieerde SK carcinomen

- Heelkunde
- I^{131} ablatie tijdens hoge TSH waarden (~ *stimulus voor meer I-uptake*)
 - voorbereiding
 - 2-4 weken stop LT4
 - rhTSH stimulatie (thyrogen = recombinant humaan TSH) 24u en 48u voor start therapie
 - dosis
 - 30 mCi voor laag-risico
 - 100 mCi voor hoog-risico
 - verloop
 - 1-2 nachten in isolatiekamer bij dosis > 15 mCi
 - geen bezoek, niet uit kamer, min. vpk zorgen
 - uitscheiding I^{131} in urine, stoelgang en zweet
- Na I-therapie TSH onderdrukken want dit is een groeistimulus voor de SK
 - via hogere LT4 substitutie dan normaal
- Bij recidief opnieuw heelkunde en/of I^{131} (150 mCi)
 - evt. externe radiotherapie
 - evt. chemotherapie / targeted therapies

Opvolging via Thyrogenscan

- Verloop
 - maandag → thyrogen toediening IM
 - dinsdag → thyrogen toediening IM
 - donderdag → I^{123} 1 mCi IV + total body scan 2u erna (+ evt. SPEC/CT)
 - vrijdag
 - statische opname longen om diffuse longmetastasen uit te sluiten
 - bloedafname → thyroglobuline en thyroglobuline-AL na rhTSH stimulatie = zeer gevoelig voor recidief
 - evt. statische opnames van verdachte zondes
- Opmerkingen
 - normale stapelingen t.h.v. neus, mond mucosa, speekselklieren, maag
 - urinaire uitscheiding (*nieren en blaas kunnen ook aankleuren*)

5. Parathyroïd scintigrafie

Indicatie

- Hypercalcemie
- Lokalisatie parathyroïd adenoom bij primaire hyperparathyroïdie

Principe → ^{99m}Tc -MIBI / ^{99m}Tc subtractie scan

- Er is geen tracer die enkel de parathyroïden aankleurt MAAR
 - ^{99m}Tc -pertechnetaat kleurt enkele de SK
 - ^{99m}Tc -sestamibi kleurt zowel de SK als de bijschildklieren
 - resultaten aftrekken
- Normaal zijn de bijschildklieren niet te zien (te kleine / te weinig stapeling)

6. Andere radionuclide therapieën

Botzoekers = *moleculen die op natuurlijke manieren naar het bot gaan*

- $^{223}\text{Radium}$ dichloride (Xofigo)
 - botzoekend isotope
 - alfastraling → veel energie op zeer korte afstand (+/- 1 cel)
 - minder schade aan gezonde beenmerg
 - vnl. voor bot metastasen > prostaatcarcinoom, borst in onderzoek
- $^{153}\text{Samarium}$ -Lexidronam (Quadramet)
 - botzoekende verbinding
 - beta-straling → matige energie over enkele mm afstand
 - hoger risico op schade aan gezonde beenmerg
 - vnl. voor prostaatcarcinoom

Targeted radionuclide therapie (TRNT) = radionuclide wordt gehecht aan targeting molecule

- ^{131}I -MIBG → stapeling in neuroblastoma en neuro-endocriene tumoren
- ^{177}Lu -somatostatine analogen → stapeling in neuro-endocriene tumoren
- ^{177}Lu -PSMA → behandeling prostaatcarcinoom
- gelabelde monoclonale antilichamen of fragmenten
 - vb. anti-CD20 mAb ^{131}I -Rituximab en ^{90}Y -Ibritumomab voor lymfoombehandeling
 - nadeel: mAb hebben een lange circulatietijd in het bloed → ook belangrijke bestraling van het rode beenmerg = hematotoxisch

7. Welke onderzoeken vraag je aan?

Gebruik de correcte en duidelijke benaming

- vb. PET/CT en SPECT/CT ≠ onderzoeken = type camera
 - → FDG-PET/CT, FET-PET/CT, ^{68}Ga -PSMA-PET/CT ...
- enkel scintigrafie is niet genoeg! → bot, DK, long V/Q ...

Gevolgen van een slechte aanvraag

- patiënt wordt naar huis gestuurd met andere afspraak
 - frustratie, onnodige wachttijd, geldverlies ~ onnodige tracer
- resultaat van het onderzoek geeft geen nuttige info → onnodige stralingslast

Ken de voorbereiding en duur die een onderzoek vraagt!

- vb. nuchter FDG en FET; geen insuline bij FDG, medicatie stop
- vb. thyrogen 5 dagen, botsintigrafie 3-4u, SK-sintigrafie 1u

➔ **Correcte benoeming onderzoek + vraagstelling**

PEDIATRISCHE RADIOLOGIE

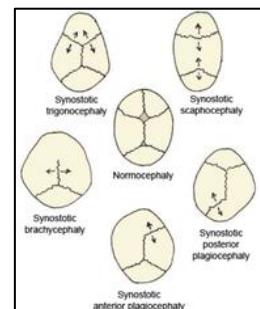
Kind ≠ kleine volwassene

- meer stralingsgevoelig → hou rekening met stralingsbescherming
- keuze onderzoek → minst bestralend, minst invasief, minst aantal

1. Pediatrische neurobeeldvorming

Welk onderzoek doe je?

- Bij open fontanel (postnataal)
 - echografie als eerste keuze (ook prenataal) → geeft aan of MRBV nodig is
 - vnl. voor diagnose subependymale bloeding²⁶ → p3
 - graad 1 = geïsoleerde periventriculaire bloeding
 - graad 2 = bloed in de ventrikels, geen hydrocefalie
 - graad 3 = intraventriculair bloed en hydrocefalie
 - graad 4 = voorgaande met intraparenchymateuse uitbreiding
 - MRBV op indicatie na echografie
- Bij gesloten fontanel
 - in urgentie (*vb. trauma, hydrocefalie*)
 - CT hersenen = *sneller dan MR*
 - MRBV bij (extra)medullaire intraspinale letsels & acuut infarct²⁷
 - nadelen bij een acute situatie zijn
 - beperkte toegankelijkheid
 - hoge kost
 - noodzakelijke premedicatie < 7j (*sedatie want stilliggen*)
 - bijdragende klinische info & toepasselijke aanvraag zijn noodzakelijk voor het uitvoeren van een goed MR onderzoek en het kiezen van adequate sequenties en ruimtevlakken
 - in niet urgente gevallen
 - MRBV
- Standaard schedel opname → slecht bij beperkte indicaties
 - trauma < 2j
 - schedelfractuur → RX en/of CT (*in urgentie*) bij vermoeden intracranieële bloeding
 - **subduraal hematoom** → CT in urgentie & MRBV in follow up
 - verdenking op kindermishandeling
 - CT hersenen → acute bloedingen
 - MRBV (*asap*)
 - datering van bloedingen a.d.h.v. verschillen in grijswaarden (subacuut, chronisch)
 - axonale letsels (*witte puntjes*) uitsluiten (*want die zie je niet op CT*)
 - standaard RX totaal skelet → letsels uit verleden (*geheelde fracturen*)
 - evt. CT abdomen → abdominale bloeding uitsluiten
 - craniostenose = craniosynostose
 - = vroegtijdige sluiting van 1 of meerdere suturen met vervorming van de schedel tot gevolg → vervorming naargelang welke sutuur sluit
 - CT schedel → bepalen welke sutuur gesloten is
 - botletsels



²⁶ frequent bij prematuren → o.w.v. zwakkere/dunne bloedvaten?

²⁷ acuut infarct kan onzichtbaar zijn op CT

2. Bovenste luchtwegpathologie

Retropharyngeaal abces

- = pyogene infectie van de retropharyngeale ruimte
- presentatie
 - typisch 6-12 maanden (*komt amper bij volw. voor tenzij immuundepressie*)
 - luchtwegvernauwing of -obstructie mogelijk door massa-effect
 - dus urgentie o.w.v. risico op O₂ tekort t.g.v. volledige luchtwegobstructie
 - vaak na pharyngitis of BLW-infectie
- beeldvorming → CT hals met contrast
 - om uitgebreidheid te bepalen
 - om liquefactiezones (= *verwekingszones*) te visualiseren
 - enkel drainage mogelijk indien aanwezig



Abces = licht grijze zone
Donkere zone = liquefactiezone

3. Thoraxpathologie bij het kind

Beeldvorming

- standaard RX thorax
- echografie → pleurale vochtcollecties (*op CT zie je enkel pleura verdikking*)
 - enkel op echo zie je evolutie naar empyeem door ontstaan septa
- CT
 - mediastinale letsels
 - ingewikkeld standaard RX beeld
 - CT geleide punctie of drainage
- MRBV → paravertebrale massa ~ intraspinale uitbreiding?

Inhalatie van een vreemd voorwerp → p9

- RX thorax tijdens inspiratie én expiratie
 - atelectase (*witte long, hart shift*) → volledige bronchiale obstructie
 - airtrapping → partiële bronchiale obstructie
 - tijdens expiratie wordt 1 long groter omdat de lucht er niet uit kan → deze is dus zwarter

Ronde pneumonie → p10

- = bacteriële pneumonie met rond, scher afgelijnd aspect²⁸
- presentatie
 - frequenter in de onderkwabben
 - 1-7 cm groot
 - inliggende airbronchogrammen = *zwarte streepjes in witte bollen*
 - = *luchtwegen gevuld met lucht tussen beeld van witte alveoli t.g.v. vocht*
 - respecteert de fissuren

²⁸ bij volwassenen is het beeld van pneumonie een wazige witte vlek, dus niet duidelijk afgerond

Pleuravochteffusie = parapneumonische effusie

- 2 types
 - Niet exsudatief vocht = helder → anechogene effusie op ultrasound
 - Fibrinopurulent exsudaat = empyeem (= *evolutie niet exsudatief type*)
 - aanwezigheid van septa en/of echogeen debris op ultrasound
- Beeldvorming → p11
 - RX thorax → witte long & meniscus teken
 - echografie → zijn er septa? → *belangrijk want als er septa zijn kan je niet 1 drain steken want dan drainair je maar 1 holte, de oplossing is dan een operatie voor drainage onder videobegeleiding*
 - CT → witte long (= *pneumonie*) & vocht (*grijzere oppervlak naast long*)

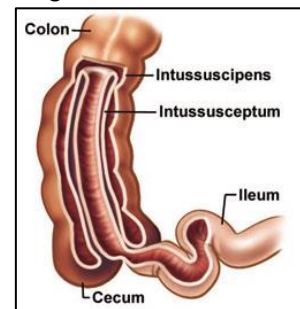
4. Abdominale beeldvorming bij het kind

Beeldvorming

- Standaard RX abdomen + thorax
 - *buikpijn kan bij een kind (samen met koorts) het enige teken zijn van een pneumonie (dus niet per se ook respiratoire klachten genre hoest)*
- Aanvullen i.f.v. kliniek en standaard RX
 - echografie en/of contrastonderzoek
 - voordelen → kan bij urgentie, aan bed, niet invasief, geen stralingslast
 - CT
 - *enkel bij trauma, echo kan nl. eerste 24u negatief zijn voor vb. leverbloeding t.g.v. contusie*
 - *vermoeden van abces post appendectomie/appendicitis*
 - *abces drainage onder CT begeleiding*
 - MRBV (*altijd eerst echo doen*)

Invaginatie (zeldzaam maar zeer urgent)

- = prolaps van een proximale darmsegment in een meer distaal segment
- Presentatie
 - vnl. 1^e twee levensjaren
 - > 90% is ileo-colisch
 - *gevaarlijk want sphincter van Bohin duwt dunne darm dicht → ↓ bloedvoorziening → necrose → perforatie → peritonitis*
 - meestal is de oorzaak onbekend²⁹
- Beeldvorming → p12-13
 - Echo → longitudinaal & dwars vlak
 - + Doppler → is er nog vascularisatie?
 - Ja → CT met bariumoplossing via rectale toediening
 - Nee → chirurgie
 - CT bariumcontrast (*indien geen vrij vocht & nog vascularisatie*)
 - *via contrast proberen ileum terug te duwen = devaginatie → geslaagd als de dunne darm gevuld is met contrast (men mag 3 pogingen doen)*



²⁹ i.t.t. oudere kinderen of volwassenen → tumor, Meckel divertikel als onderliggende oorzaak

Hypertrofische pylorusstenose

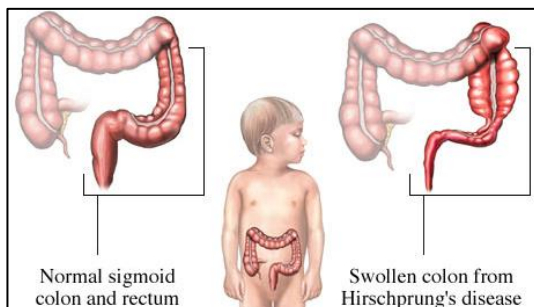
- = hypertrofie van de gladde pyloruspier
- Presentatie
 - à terme gezonde baby tussen 3 tot 6 weken
 - ongekende etiologie
 - projecties (explosief) braken
 - "olijf" bij palpatie
- Echografische diagnose → andere beeldvorming is overbodig
 - max dikte v/d sper unilateraal = 3 mm
 - hier ptje water laten drinken → beter venster & is er nog wat passage of niet?

Necrotiserende enterocolitis → p15

- = hemorrhagische necrose en infectie t.h.v. delen van de dunne en/of dikke darm
- Presentatie
 - vnl. prematuren met laag geboortegewicht (*amper bij oudere kinderen of volw.*)
 - idiopathisch, vermoedelijk t.g.v. een combo van infectie en ischemie
 - abdominale opzetting, bloederige stoelgang, diarree, voedselintolerantie, sepsis
- Radiografische diagnoses
 - pneumatosis (= *luchtbelletjes t.g.v. necrose darmwand*) en/of vrije lucht
 - vrije lucht via laterale opname → prematuren kunnen niet rechtstaan en dus kan je ook geen lucht onder de koepels zien
 - als er radiografische tekens zijn is de pathologie reeds ver gevorderd!

Ziekte van Hirschprung

- = functionele obstructie t.h.v. het colon t.g.v. gebrek aan intrinsieke ganglioncellen
- Presentatie
 - geen meconiumpassage binnen 24-48u (= *soort contrast, moet normaal al weg zijn*)
 - abdominale opzetting, galbraken, constipatie sinds geboorte
- Diagnose
 - contrastinloop (CEC)³⁰
 - gedenerveerd colon is nauw en spasmodisch
 - geïnnerveerd proximale colon is gedilateerd
 - Gouden standaard = (meestal rectale) manometrie (*hoge druk*) + biopsie met afwezigheid van ganglioncellen



Mesenteriale adenitis

- = benigne inflammatie van de mesenteriale klieren
- Presentatie
 - diffuse buikpijn of pijn in de rechter fossa (*ddx appendicitis*)
 - bij kinderen en jongvolwassenen (*amper bij volwassenen*)
 - kan een appendicitis mimeren
- Echografische diagnose p18 → 3 of meer geklusterde klieren van > 5 mm

³⁰ belang van vroegtijdige face en profielopname van het rectosigmoid

Appendicitis

- = acute obstructie van het lumen van de appendix met infectie, ischemie en/of perforatie tot gevolg
- Presentatie
 - meestal bij oudere kinderen & adolescenten → maar kan ook bij jonge kindjes!!
 - periumbilicale pijn met migratie naar de rechter fossa
 - positief punt van McBurney
- Beeldvorming → echo als eerste keuze onderzoek³¹
 - soms aanwezigheid van appendicoliet (*appendix verkalking*) op echo en RX
 - geen radiologische zekerheidsdiagnose → *vb. sterk suggestief voor appendicitis*
 - tekens
 - appendix > 7mm
 - vet rond de appendix is geïnfiltreerd (= *witter dan normaal*)
 - appendix is niet meer comprimeerbaar (*induwbaar*)

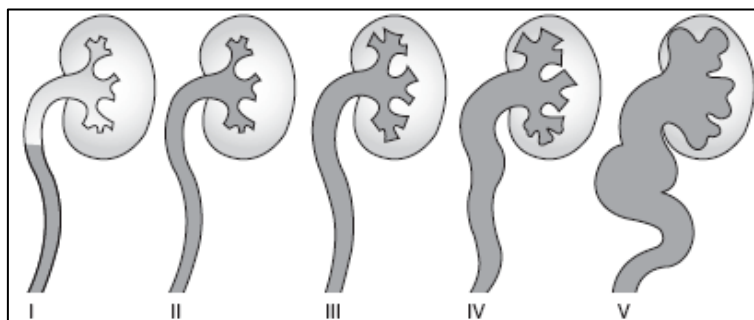
5. Nefro-urologische beeldvorming

Keuze van beeldvorming

- 1) RX abdomen → *wordt eigenlijk niet meer gedaan*
- 2) Echografie
- 3) In functie van echo (*en RX*)
 - cystografie
 - IVP → *wordt niet meer gedaan*
 - CT of MRBV

Vesicuo-uretrale reflux (VUR) → p19

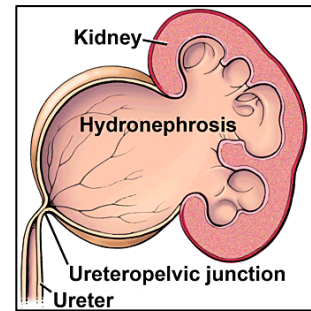
- = retrograde flow van urine van de blaas naar de nier
- Beeldvorming
 - d.m.v. cystografie → drain tot in de blaas + contrast
 - wanneer?
 - i.h.k.v. hydronefrose op de prenatale echo
 - na acute pyelonefritis of hydronefrose
 - 6 weken erna om te checken dat (zware!) infectie volledig weg is
- Onderverdeeld in 5 graden
 - contrast in ureter
 - contrast tot in de nier, maar geen dilatatie van de ureter
 - dilatatie van de ureter, maar nog scherpe calices
 - kronkelige gedilateerde ureter, calices nog herkenbaar
 - ernstige dilatatie en onherkenbare calices
- Behandeling o.b.v. gradering
 - laaggradig → ptjes groeien er meestal vanzelf uit
 - preventief furadantine (*ontsmettingsmiddel*) om infectie te vermijden
 - hooggradig → operatie want risico op verlies nier o.w.v. recurrenente infecties



³¹ MAAR het is niet omdat je niets ziet dat er geen appendicitis is

Pyelo-uterale junctiestenose

- = meest voorkomende vorm van urinewegobstructie bij kinderen
- Presentatie
 - hydronefrose welke abrupt eindigt t.h.v. pyelo-uterale junctie met normaal kaliber v/d ureter → disproportionele vergroting van het pyelum t.o.v. calices³²
 - oorzaak is vaak een knik in de ureter → deze verdwijnt als het kindje groeit omdat de nier hoger komt te liggen (*zeldzaam is echter wel een operatie nodig*)
 - behandeling = furadantine → infectiepreventie
- Diagnose o.b.v. echografie → aanvullend isotopen onderzoek is gewenst



6. Osteo-articulaire beeldvorming

Keuze beeldvorming

- 1) Standaard RX
- 2) Echografie
- 3) In functie van RX en/of echo
 - aanvullende MRBV → medullair bot of weke weefsels
 - aanvullende CT → corticaal bot

Bepaling van de botleeftijd

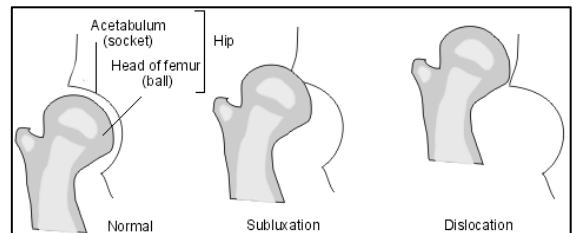
- Botmaturatie verloopt volgens een onveranderlijke sequentie → bepalen a.d.h.v. standaard RX linker hand en pols (*omdat vroeger iedereen rechts schreef*)
 - verkregen resultaat vergeleken met de chronologische leeftijd en standaard referentiegegevens (RX schema's) voor sequentiële botmaturatie
 - jongens hebben een tragere botmaturatie dan meisjes
 - ♂ volgroeid op 19j vs. ♀ volgroeid op 17j
- Indicaties
 - niet overeenstemmende chronologische leeftijd en staturoponderale ontwikkeling
 - toezicht endocrinologische metabole ziekten → vb. diabetes, onco, corticotherapie
 - scoliose
 - voorspellen volwassen gestalte → vb. sportdokter
 - gerechterlijk → is deze vluchteling/sans-papier werkelijk minderjarig?
 - a.d.h.v. RX hand/pols & sternum (*want een volgroeid meisje kan nog minderjarig zijn*) & tandontwikkeling → beslissing door endocrinoloog



³² = verschil met VUR waar calices wel mee uitzetten

Congenitale heupdysplasie → p23-24

- = abnormale positie van de femurkop t.o.v. het acetabulum met abnormale groei van beide heupcomponenten tot gevolg
- 1/100 – 1,5/1000 neonati
- Beeldvorming
 - tot 5-6 maanden → echografie (= statisch-dynamisch onderzoek)
 - vanaf 6 maanden → standaard RX
 - voor 6 maanden is de femurkop kraakbeen (wat je op RX niet ziet) EN zo lang mogelijk echo proberen doen om stralingslast te voorkomen
- Indicaties
 - familiaal (vb. moeder had het ook)
 - asymmetrische bilplooï
 - klompvoetjes
- Classificatie
 - Niet stabiel
 - subluxeerbaar – reduceerbaar
 - luxeerbaar – reduceerbaar
 - subluxatie
 - dislocatie → niet reduceerbaar
 - met of zonder acetabulaire dysplasie

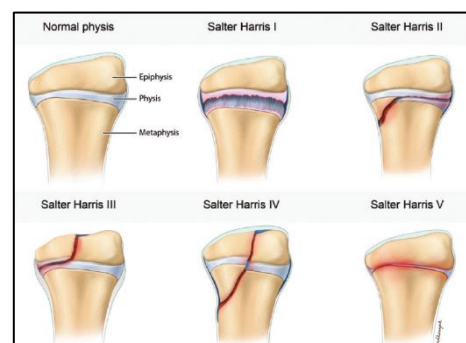


Kind dat mankt of weigert te zitten/stappen

- DDX → p25-29³³
 - heuppathologie
 - transiënte synovitis = heupvocht
 - septische osteo-artritis = gewrichtsontsteking die kan overslaan op bot
 - legg calve perthes (LCP) = avasculaire necrose v/d femurkop
 - verborgen trauma v/d onderste ledematen
 - osteomyelitis = ontsteking van het bot (*beter te zien op MR dan op RX*)
 - spondylodiscitis = ontsteking v/d tussenwervelschijf
 - (pyo)myositis = ontsteking en necrose van het spierweefsel (*niet te zien op RX*)

Salter-Harris fractuur → p29

- = fractuur met betrekking tot de groeischijf
- Diagnose d.m.v. standaard RX
- 14% kans op complicatie
 - vroegtijdige sluiting van de groeischijf
 - verkorting van het lidmaat of angulatie
 - complicaties frequenter t.h.v. knie & enkel
- 5 Types → hoe hoger het type hoe meer kans op complicaties



Osgood-Schlatter

- = tractie-apophysitis van de patellapees t.h.v. de tuberositas tibia
- Klinische diagnose tenzij bij twijfel → beeldvorming
 - Standaard RX
 - fragmentatie van de tuberositas tibia
 - zwelling weke delen > 4mm (t.h.v. anterieur proximale oppervlak tibia)
 - Echografie
 - betere beoordeling van de patellapees, comparatief onderzoek mogelijk

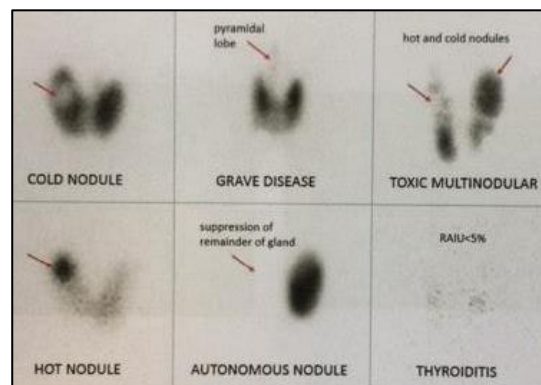
³³ Niet echt te kennen voor het examen

ENDOCRIENE RADIOLOGIE

1. Thyroïd (belangrijk voor het examen!)

Welke beeldvorming?

- Echografie → SK is homogeen grijs, axiaal/longitudinaal vlak
 - vlot toegankelijk, goedkoop
 - info → grootte, doorbloeding, schildklierletsels, lymfeklieren
 - goede resolutie o.w.v. hoog frequente lineaire transducer
 - live → interventionele technieken mogelijk
- Nucleaire technieken
 - I¹³¹-scintigrafie voor functionele informatie
 - koude (cyste vs. verdacht) noduli ↔ warme noduli (minder verdacht)
 - PET voor incidentaloom³⁴
 - opgelet! → geen I-contrast (vb. CT) bij verdenking van SK pathologie omdat de SK dan verzadigd raakt met dit I en er geen I-radiotherapie meer mogelijk is
- Wat niet?
 - RX nooit
 - CT en MRI enkel in bepaalde indicaties



Scintigrafie

Indicaties voor beeldvorming

1) Diagnostisch

- gestoorde schildklier testen → 1-5% bevolking
 - hypothyroïdie (*hypo/atrofie, eindfase thyroiditis*)
↔ hyperthyroïdie (*Graves, acute thyroiditis*)
 - tijdelijk vs. permanent
 - beeldvorming vaak weinig relevant → p6
 - SK aanwezig of atroof?
 - thyroiditis → beeld afh. v/h type en fase van presentatie
 - acuut → hypertrofie + hyperemie (*niet meer homogeen grijs*)
 - chronisch → atrofie, minder vascularisatie
 - Hashimoto → white knight noduli (regeneratief)
- vergrote schildklier
 - ddx = goitre, struma, krop → diffuus vs. nodulair
 - oorzaken → I-tekort, medicamenteus, acute thyroiditis, Graves
 - beeldvorming → p8
 - meten SK-volume → 7-11 cc / lob
 - diffuus of multinodulair?
 - indien multinodulair → verdachte noduli?

³⁴ per toeval gevonden maar pt. heeft meestal primaire tumor

- nodules
 - palpabel <5% echografie 20-35% autopsie tot 65%
 - prevalentie ↑ bij → ↑ leeftijd, ♀ > ♂, I-deficiëntie, ATC bestraling
 - maar ook ↑ # echo onderzoeken & toenemende trend SK-kanker
 - SK kanker → incidentie = 8,7/100.000 per jaar → zeldzaam!!
 - papillair/folliculair carcinoom → goede prognose (20y-survival 95%)
 - medullair carcinoma → matige prognose (5y-survival 42-90%)
 - anaplastisch carcinoom → slechte prognose (5y-survival 5%)
 - Radioloog bepaald TIRADS = thyroid imaging reporting and data system → classificatie + risicoprofiel + beslissing tot punctie + controle
 - p11-15 = voorbeelden van beeldvorming
 - TIRAD3 = probably benign
 - TIRAD4 a-b-c = low – intermediate – moderate for malignancy
 - TIRAD5 = highly suggestive of malignancy
 - o.b.v. 5 kenmerken
 - solide (>75%)
 - hypo-echogeen
 - onregelmatige contouren
 - microcalcificaties
 - taller than wide → groeien naar de diepte
- follow-up na thyroïdectomie
 - opsporen van resterend SK-weefsel → p17
 - we zijn niet zo goed als we denken/hopen
 - kleine letsels worden gemist
 - verwarring met andere zaken → vb. cricoid kraakbeen
 - opsporen van verdachte lymfeklieren → p18
 - kunnen we beter

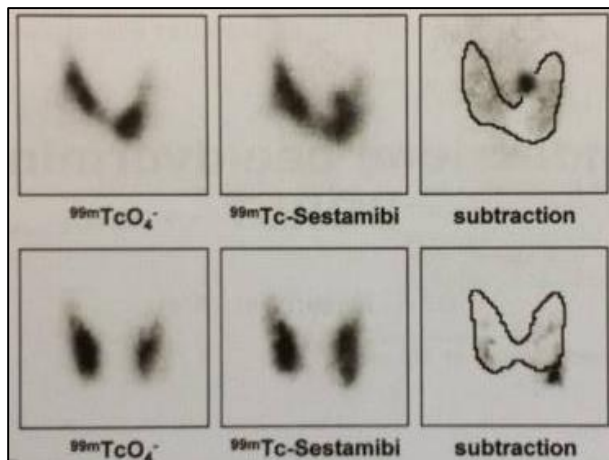
2) Interventioneel (~ meestal na diagnostisch onderzoek)

- leegprikken schildkliercyste
 - SKcysten zijn in se niet verdacht maar cystische tumoren bestaan wel!
 - types van vocht → helder citrijn vocht (makkelijk aspireerbaar), colloid, bloed, zwart gallig vocht (moeilijk aspireerbaar)
 - in de regel geen klachten tenzij groot (slikproblemen, heesheid)
 - plotse zwelling t.g.v. bloeding
 - aanprikken en ledigen leidt vaak tot recidief
 - opgelet! ondanks veel vocht kan het toch iets anders zijn → murale gevasculariseerde nodule
 - sclerosering (wanden cyste kapot maken) wordt niet meer gedaan omdat het resterend weefsel op SK kanker lijkt maar dus een cyste was
- cytologie via fine needle aspiration (FNA)
 - gouden standaard (betrouwbare resultaten) → echo-geleide FNA
 - Bethesda classificatie = risico scoring
 - enkel op indicatie
 - klinisch palpeerbare nodule
 - alarmtekens → snelle groei (~ groter op FO), kinderen, ATC bestraling, pijn, palpeerbare klieren, familiale voorgeschiedenis
 - incidentele nodule met verdachte kenmerken (5 > TIRADS)
 - < 3 is weinig verdacht & 4 (of meer) is sterk verdacht
 - waarom een punctie?
 - nodules zijn prevalent, SK kanker gelukkig zeldzaam
 - SK kanker groeien traag en metastaseren zelden
- histologie = overbodig en meer traumatisch → wordt niet gedaan

2. Parathyroid

Welke beeldvorming?

- Echografie → p26
 - niet te detecteren wanneer normaal
 - hyporelectieve ovoïde nodule, sterk gevasculariseerd, omcirkelend bloedvat
 - typisch posterieur en lateraal v/d SK, som ook intrathyroïdaal of in mediastinum
 - ddx → Inn, verdachte SK nodule
- CT
 - hypervascular → snelle opname en afgifte van contrast
 - multifase contrast onderzoek → blanco reeks, meerdere arteriële reeksen, meerdere veneuze reeksen → dynamische studie
 - *betere detectie en differentiatie?*
 - p27 → via wiskundige modellen kan bepaald worden welk weefsel sneller aankleurt om zo PT van SK te onderscheiden
- MRI → p28
 - PT adenoma's zijn T2-intens
 - geen straling dus zonder probleem scanbereik aanpassen om ectopische PT op te sporen
 - ook dynamisch onderzoek is mogelijk MAAR met gadolineum (te vermijden)
- Nucleaire technieken
 - in se de beste techniek (hoogste sens/spec) & kan in combo met CT
 - ook geschikt voor ectopische PT's (groter scangebied)
 - ^{99m}Tc wordt sneller opgenomen door de mitochondriën van de oxyfiële cellen van de PT → om te differentiëren met SKweefsel kan een exclusieve tracer voor SKweefsel bijgevoegd worden waarna subtractie = **double tracer techniek**
- Nooit RX!



double tracer techniek

Indicaties voor beeldvorming

- Diagnostisch
 - hypercalciëmie (ook PTH nakijken!)
- Interventioneel → wordt nooit gedaan o.w.v.:
 - bloeding → verkleving → moeilijkere heekunde & n. recurrens!!
 - operatiestuk kan achteraf op carcinoom lijken door verlittekening

3. Borst

Welke beeldvorming?

- Conventionele radiografie (RX) → mammografie
 - comprimeren borst om klierweefsel uit te spreiden
 - typische opnames → p32
 - cranio-caudaal (CC)
 - mediolateraaloblique (MLO) → als je maar 1 mag kiezen doe je dit, want hiermee neem je ook een deel van de oksel mee
 - bijkomend → laterolateraal (LL), Spot (focale compressie)
 - = 2D techniek → 3D via tomosynthese is mogelijk
 - = meerdere opnames over verschillende hoeken → lijkt op CT want werkt ok via snedes, maar behoudt de resolutie van de originele opnames waardoor de techniek rekenkundig intensiever is
 - via digitale detectoren en snellere computers heeft tomosynthese opnieuw een plaats gekregen in de kliniek
 - wrs nuttig in screening maar arbeidsintensiever → dus niet voor screening
 - minieme stralingslast ≈ vliegtuigreis
- Echografie = complementair aan mammografie (*zeker bij vel klierweefsel*)
 - uitzonderlijk als 1^e-lijns onderzoek (<30j)
 - opsporen en differentiëren van toegevoegde letsels
 - interventioneel → aanprikken van letsels
 - vb. harmatoom = breast within a breast → kapsel te onderscheiden via echo
- MRI = 1^e-lijn bij hoog-risico pt (~BRCA)
 - problem solver bij twijfel op mammo/echo
 - sensitief en specifiek
 - bijkomende dynamische reeksen met contrast curves (~bloedvoorziening borst)
 - *N.B. letsels hebben een verschillend aankleuringspatroon op MRI → bepalen welk type letsel (risico op kwaadaardigheid)*
- Nooit → CT, nucleaire technieken

Indicaties voor beeldvorming

1) Screening

- sws 50-69j; evt. vanaf 40-45j (risico?); hoogrisico vanaf 30j
- 2 manieren van aanbieden
 - via de (huis)arts
 - meestal mammo + echo → complementaire info
 - enkel mamma indien voldoende lipomateuze involute
 - enkel echo → jonge ♀ die iets voelt
 - bij twijfel/verdenking aanvullen met mammo
 - bij hoogrisico → jonge ♀ screenen op MRI
 - via het screeningsprogramma van de overheid
 - 50-69j
 - ALLEEN mammo → lezing door 2 artsen + 3^e bij twijfel/discrepantie
 - verdere oppuntstelling nodig? → terugroepen voor verdere beeldvorming
 - p37

2) Diagnostisch

- pijn → zelden problematisch, vaak cyclusgebonden = geruststellend
- palpabele massa → goedaardig vs. kwaadaardig
 - fibroadenoom = goedaardig
 - = mix stromaal en epitheliaal weefsel ≈ “borstmuis”
 - typisch jongere vrouwen
 - stabiel of traag groeiend met mogelijk explosieve groei tijdens zwangerschap
 - echo follow-up meestal voldoende → aanvullen met histologie bij twijfel (ddx phyllodes tumor)
 - cyste/abces = goedaardig
 - *na etterdrainage controle mamma want sommige kankers gedragen zich als abscessen* → p40 = carcinomateuze mastitis
 - carcinoom = kwaadaardig
 - zeer prevalent → 1/9 Belgische vrouwen
 - 1 miljoen /jaar wereldwijd
 - 22% kankers bij vrouwen
 - 1/100 is man
 - kenmerken
 - ductaal vs. lobulair
 - in situ vs. invasief
 - 85% = invasief ductaal carcinoom
 - nu van screening? → maatschappelijk hoge kost (& angst!)
 - phyllodes tumor = pre-maligne
 - typisch oudere vrouwen (40j)
 - lijkt sterk op fibroadenoom op echo
 - gedraagt zich als een sarcoom met potentieel hematogene metastasering
- verdachte tekens → p42-45
 - tepelverlies → galactoree (*bilateraal?*) vs. andere (bruin, bloed)
 - tepelretractie → vb. invasief lobulair carcinoom
 - verstoring v/d architectuur → nodulaire of spiculaire massa
 - asymmetrie tussen beide borsten
 - calcificaties
 - macrocalcificaties à popcorn-type zijn NIET verdacht
 - microcalcificaties à teacup type zijn NIET verdacht
 - cluster van microcalcificaties is WEL verdacht
 - microcalcificaties + massa is ZEKER verdacht

3) Interventioneel

- leegprikken cyste
- verdacht letsel
 - histologie = gouden standaard diagnose → altijd bij verdacht letsel
 - echografisch geleid → biopsie via trucutsystemen of harpoenplaatsingen → p47-49
 - stereoactisch = als letsels enkel op mammo kan worden gelokaliseerd → biopsie op mamma toestel (*nadeel is dat pt erop kijkt*) OF op mammotoom tafel (*voordeliger want comfortabel, liggend, beter controleerbaar & pt kijkt er niet op*)
 - (cytologie is eigenlijk niet meer relevant)
 - clipplaatsing / harpoenplaatsing

BOT RADIOLOGIE

1. Beeldvorming van specifieke bot- en gewrichtspathologieën

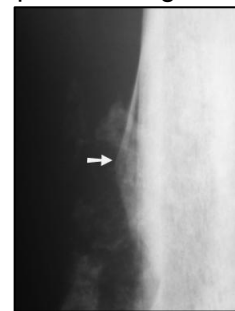
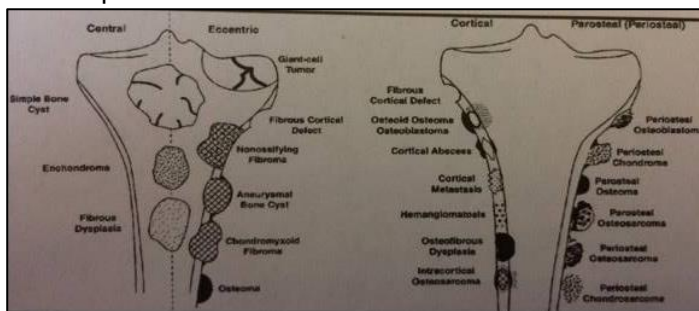
a. Benigne en maligne bot- en weke delen tumoren

Radiografie = belangrijkste onderzoek voor opstellen van ddx

- snelheid van groei → a.d.h.v. patroon van destructie onderscheid tussen agressief en niet-agressief (**opgelet! ≠ onderscheid tussen benigne en maligne!**)
- plaats
- specifieke kenmerken
 - vb. substantie van de tumor (≈ matrix mineralisatie) → p3 vb. bot vs. kraakbeen
- leeftijd van de pt!

Algemene kenmerken van tumoren → *hoe onderscheid je benigne van maligne*

- Grootte → primaire maligne bottumoren zijn meestal groter (> 6 cm), benigne kleiner
- Vorm → niet betrouwbaar, maar een lange laesie suggereert lymfoom of angiosarcoma
- Begrenzing → traaggroeiende tumoren hebben een sclerotische rand en dringen niet in de weke delen (*het bot heeft tijd om te reageren*)
 - trage groei is een indicatie voor benigne maar niet absoluut (vb. ABC = snel)
- Ligging
 - voor lange pijnbeenderen → centraal, eccentrisch, corticaal, juxtacorticaal, weke delen (→ *welke compartimenten zijn betrokken*)
- Periosteale reactie
 - Codman's triangle = slecht gemineraliseerde elevatie van het periost aan de rand van een laesie → agressief letsel
 - spiculair uitzicht = indicatie van snelle elevatie van het periost → agressief letsel



i. Primaire bottumoren (oorsprong in het bot)

Goedaardige tumoren

1) Osteoid osteoma = osteoïd producerende tumor (p4)

- lytisch
 - klein (<1,5 cm), intracorticaal, duidelijk afgeijnd
 - 10-30 jaar
 - metafyse / diafyse (65-80%)
 - zeer pijnlijk (aspirine!)
 - radiologisch teken = nidus → laesie van ≤ 1 cm met periosteale reactie
- ddx: osteomyelitis = bot abces (Brodie's abces)
- lijken identiek = ronde lytische massa, meestal metafyseaal & scherp begrensd via sclerotische rand
 - MAAR symptomen duren meestal < 2 weken

2) Non ossifying fibroma (NOF) = fibreus corticaal defect

- 20-30% van de normale populatie tussen 10-20 jaar
- meestal t.h.v. metafyse
- = asymptomatisch letsel (*corticaal, scherp afgeijnd, lytisch*) dat toevallig wordt gevonden → controleren 1-2 x per jaar en stabiliseert/verdwijnt normaal met leeftijd



- 3) Giant cell tumor = lytische, niet producerende massa
- o = botletsel met verminderde densiteit & doorbraak in weke delen → agressieve groei maar wel benigne
 - o alle leeftijden (maar 40% is 30-er)
 - o vnl. epifyse lange pijpbeenderen → knie, distale radius en wervelkolom



Kwaadaardige tumoren

- 1) Osteosarcoma → erg kwaadaardig!
- o lytische tumor geassocieerd met nieuwe botvorming en agressieve periostale reactie (spiculair)
 - o doorbraak van de corticalis & aantasting weke delen
 - o 60% pt. < 25j
 - o 55% rond knie; vnl. metafyse lange pijpbeenderen (80%)
 - o verschillende histologische sub vormen → beste prognose wanneer laaggradig centraal of parosteaal
 - o CT (p9) → je ziet verschillende lagen van bot³⁵ met verminderde densiteit wat wijst op een agressieve groei
- 2) Ewing sarcoma → zeer kwaadaardige ronde cel tumor
- o lytisch, onion-skin periosteale reactie
 - o vnl. pt. <20j & 70% diafyse van lange pijpbeenderen

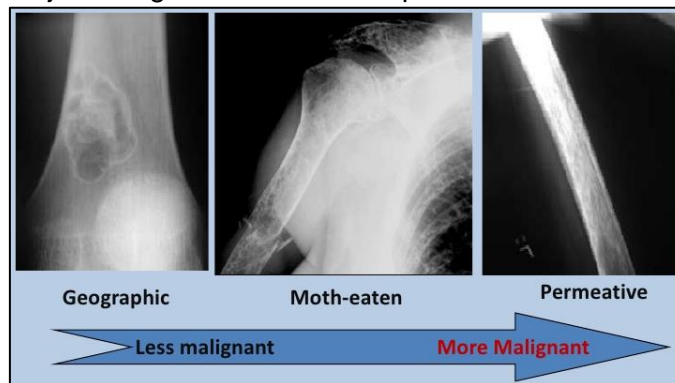


ii. Secundaire bottumoren: metastasen

= uitzaaiingen van andere kwaadaardige tumoren (borst, long, ...)

Patronen van destructie → p10

- Motheaten = teken van zeer agressieve groei
 - o slechte omgrenzing
- Permeative = agressieve laesie met snelle groei en slechte begrenzing
 - o letsels zijn vaak groter dan te zien op RX



Staging

- Intramedullaire betrokkenheid
 - o epifyseale extensie
 - o skip metastasen (p11) = kleinere secundaire tumor in hetzelfde bot³⁶
 - 1,5-9% osteosarcoma
- Extra-osseus extensie
 - o betrokkenheid van gewrichten
 - o aantasting v/d neurovasculaire bundel → als ook de vaten zijn aangetast moeten deze ook geresecteerd worden (bepaald wat geamputeerd moet worden)

³⁵ bot heeft vet densiteit op CT

³⁶ vb. primaire tumor in knie, skip metastase t.h.v. heup

iii. Tumoren van de weke delen vs. Tumor-like lesions

Aneurysmal bone cyst (ABC) p6

- = cyste die cortex verdund, maar niet in weke delen groeit
- 70-80% in tubulair bot van lange pijpbeenderen
- 10-30j (vnl. <20³⁷)

Cystes van de weke delen

- Nut van MR → weke delen zijn zichtbaar & info over histologie
 - kenmerken voor maligniteit
 - hoe heterogener de massa hoe meer kans op maligniteit
 - invasie van bot, extracompartimentale verspreiding, aantasting neurovasculaire bundel = zeldzaam maar specifiek voor maligniteit
 - vb. p12: *homogene massa op CT lijkt op tumor MAAR via MR contrast zie je zwarte vlekken in de massa = vochtzones → bepaalt ook hoe je gaat biopsiëren want biopsie moet in solide weefsel en niet in cyste*

Myositis ossificans = verbening van de spieren → nut van CT ≈ ossificatie aan buitenkant

Lipoma = oppervlakkige, indrukbare (echo), goed afgelijnde massa → vb. p13

Subacute hematomen (p14) → meest voorkomende pitfall bij diagnose!

Pigmented villonodular synovitis (PVNS) → uitgebreid, gelokaliseerd & zonder botaantasting

Posttraumatisch → vochtreactie t.g.v. overbelasting/trauma

Baker's cyste in de knie → semimembranosus/gastrocnemicus bursitis → MRI

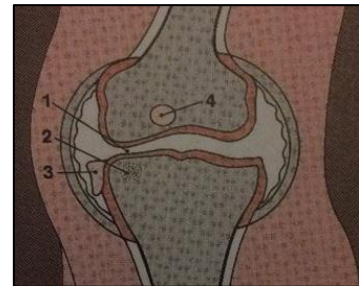
➔ RX + MR (zonder & met contrast³⁸) [+ evt. blanco CT en echo]

b. Artritis

Indeling

1) Osteoarthrosis = artrose → GEEN inflammatie

- vnl. proximale & distale interphalangeale gewrichten
 - DIP = Herberdeen nodules
- kenmerken van aantasting
 1. gelokaliseerde vernauwing gewricht
 2. subcondrale sclerose
 3. osteophyten
 4. cysten of pseudocysten



2) Inflammatoire artritis → diagnose via RX³⁹ = distributie en patroon van destructie

- Reumatoïde artritis → wel RF
 - vnl. metacarpaal/tarsaal & bilateraal
 - synoviale hypertrofie waardoor het volledige gewricht vernauwd
 - zwelling van de weke delen + peri-articulaire osteoporosis (p21)
- Seronegatieve artritis⁴⁰ → geen RF
 - Spondylitis Ankylosans (*ziekte van Bechterew*) = bamboezuil
 - Reiter
 - Psoriasis → vnl. distale interphalangeale gewrichten

→ enthesitis (*ontsteking peesaanhechting*) vaak als 1^e teken van inflammatoire aandoening

3) Metabole artritis

- jicht → meest voorkomende inflammatoire artritis
 - tophi van uraatkristallen slaan neer op periarticulaire weke delen → p23
- CPPD = calcium pyrofosfaat disease = chondrocalcinosis
 - verkalking van pezen en ligamenten
 - metabool probleem van het calcium en fosfaat metabolisme

³⁷ kan je zien aan al dan niet aanwezigheid van groeilijnen

³⁸ om onderscheid te maken tussen solide weefsel en vocht (zoals bij cystes)

³⁹ niet MR want hierop is de verspreiding van letsels niet te volgen en kan je geen onderscheid maken tussen de verschillende types artritis

⁴⁰ seronegatieve artritiden beginnen vaak bij de hiel

- 4) Neurogene osteo-arthropathie → diabetes voet
 - belang van RX
 - CT als 2^e lijn (na eliminatie weke delen abces via MRI) → nodig voor planning chirurgie om de botverplaatsing en hoeveelheid en kwaliteit van overgebleven bot (qua mineralisatie) in te schatten
 - initiële breuken t.h.v. metafyse/diafyse en lichte articulaire subluxaties
 - probleem → men voelt deze letsels niet waardoor men er blijft op lopen en er vervorming van de voet ontstaat
- 5) Bindweefsel artropathie → SLE, sclerodermie
- 6) Septische artritis → bot erosies, beenmerg oedeem en destructie van het kraakbeen
 - vb. bij ulcer bij diabetes voet.

→ p20

c. Botaandoeningen

Botstructuur

- Corticaal bot (*compact bot*) → 80% skeletaal volume
 - lage poreusheid = lage oppervlakte / volume ratio (10%)
 - functie = beschermend en biomechanisch
- Trabeculaire bot → 20% skeletaal volume
 - hoge poreusheid (75%)
 - functie = metabool
- Inhoud van bot = rood en geel beenmerk
- Microstructuur (cellen) → osteocyten, osteoblasten & osteoclasten
 - onderhevig aan biomechanische factoren
 - minder stress = minder bot → meer botresorptie
 - meer stress = meer bot → meer botvorming

i. Metabool

Metabole botaandoeningen tasten gemineraliseerd deel van het bot aan → de medullaire inhoud wordt gespaard → onderschatting op MR

➔ Gebruik RX om botmineralisatie in te schatten & MR voor beenmerg (vb. p3)

Types

- 1) Osteoporose = kwantitatieve botaandoening
 - corticale verdunning met normale botstructuur
 - diagnoses o.b.v. minerale botdensiteit via Dual Energy X-ray Absorptiometrie (DEXA; densiometrie) t.h.v. wervelkolom of femur
 - verminderde botdensiteit en verdunde corticalis
 - 2 types
 - primair → juveniel, involutiel (postmenopauze, seniel)
 - secundair → endocrien, mergziekte, iatrogeen, deficiënties, IEM, ...
- 2) Osteomalacie / rickets = kwalitatieve botaandoening
 - deficiënte (*afwezige of vertraagde*) mineralisatie van het bot
 - gevolgen → botvorming, fracturen, ruw trabeculair patroon
 - oorzaken = vit. D deficit
 - diëtair, malabsorptie, metabool, renale botziekte
 - rickets = ook deficiënte botmineralisatie met accumulatie van niet-gecalcificeerde matrix
 - botvorming, ruw trabeculair patroon, gebogen aspect bot, verbreding van de groeischijven, metafyseale cupping
 - = reversibele aandoening (mits behandeling)



- 3) Renale osteodystrofie = botziekte bij CNI → p9
- osteoporose t.g.v. verhoogde botturnover
 - botvervorming (osteomalacie)
 - osteosclerose
 - destructieve osteoarthropathie
- 4) Hyperparathyroïdie
- = verhoogde (subperiosteale) botresorptie → “woven bone”
 - vnl. te zien bij hand → proximale en middenstem phalangen
 - reversibele aandoening (mits behandeling)
 - brown tumors = benigne lytische botlaesies
 - expansief met goede begrenzing
 - single of multiple
 - meestal 50+ maar alle leeftijden mogelijk
 - man/vrouw : 1/3
 - meestal asymptomatisch & mogelijk op alle plaatsen



5) Vitamine deficiënties

- vit. D → osteomalacie/rickets
- vit. C → scheurbuik
- vit. A

6) Ziekte van Paget = botmalformatie

- verbreed bot met verdikking van het trabeculair bot en resorptie van corticaal bot
- normaal beenmerg → MR doen om metastase (*abnormaal merg*) uit te sluiten
- p13

Complicatie metabole botaandoeningen = insufficiëntie/inzakkings fracturen → vbn. p11-12

- insufficiëntie fractuur = fractuur t.g.v. verminderde botsterkte (*gedemineraliseerd bot*)
 - ≠ stressfractuur (= breuk op normaal bot)
 - beiden zijn niet goed zichtbaar op RX

ii. Ischemisch

Beenmerg oedeem (BME) = term uit radiologie dat een voortdurend abnormaal proces in het beenmerg beschrijft op MRI → p14

Osteonecrose of avasculaire necrose → vbn. p15

- epifysaire aantasting
- irreversibel!
- ddx van osteonecrose van de femurkop
 - coxofemorale osteoartrosis = gewrichtsaandoening (slijtage kraakbeen)
 - vaak geassocieerde letsels aan de acetabulaire rand
 - *kijk in alle vlakken → dit is enkel in 1 vlak (vb. anterior)*
 - snelle destructieve osteoartritis van de heup
 - p17 → eerst is er nog een normale gewrichtsruimte (<1j) maar er is evolutie naar vernauwing en uiteindelijk volledig verdwijnen
 - *dit proces duurt normaal jaren maar dus niet bij deze ziekte*
 - lijkt op infectie of neuro-artropathie
 - geen osteophyten
 - insufficiëntie of stress fractuur → vaak spontane heling

2. Beeldvorming modaliteiten

Welke beeldvorming kies je?

- X-ray
 - voordelen → snel, opvolging in tijd, dynamische opnames (*vb. staand*) mogelijk
 - vergelijkende opname (*tussen links en rechts*) mogelijk
- Artrografie = RX + contrast in een gewricht
 - nut = makkelijker aantonen van kraakbeenletsels via gebruik contrast
- CT-scan → beoordelen van botmineralisatie, weke delen onscherp
 - spiral CT en multidetector CT (MDCT) → volume examinatie mogelijk ~ p21
 - nuttig bij complexe fractures
- Arthro-CT → CT + contrast die gewrichtsstructuren aflijnt (*vb. kraakbeen*)
- Ultrasonografie (*echografie*)
 - nut → acute fase, aantonen uitgebreidheid ligamentaire/peesletsels
- MR-scan
 - welke MR vraag je aan?
 - T1 → vet = wit & vocht = zwart
 - medullair bot, spieren, zenuwen
 - T2 → vet = zwart & vocht = wit
 - vocht, oedeem
 - *opmerking: bot neemt de kleur van vet aan want er hangt vet op bot*

Voorbeelden p25-26

- Rotator cuff scheuren en impingement syndromen van de schoudergordel
 - RX voor diagnose
 - Echo om vasculariteit te bestuderen via Doppler
 - Blanco CT voor operatie
- Trochanteritis = rotator cuff scheuren heup (*gluteus medius*) → vnl. oude vrouwen
 - Echo voor diagnose
 - evt. MR
 - nooit artrografie want hierop zie je geen spierscheuren

3. Te kennen volgens pointcarré

Tumoren

- Primaire (oorsprong in het bot)
 - Goedaardige
 - Osteoid osteoma: klein, 10 tot 30 jaar, pijn bij rust vooral 's nachts, radiologisch teken: nidus met periostale reactie
 - Infectie: vb bot abces
 - Osteochondroma: goedaardige tumor die kraakbeen en bot vormt, indien multipel dan is er een kans op kwaadaardige ontaarding
 - Chondroma: zuiver kraakbeen (vooral vinger, vaak gevonden na trauma)
 - Fibreuze dysplasie: locatie in metafyse-diafyse, goed afgelijnde sclerotische randen
 - Non ossifying fibroma
 - Giant cell tumor
 - Aneurysmale botcyste
 - Kwaadaardige
 - Osteosarcoma: de hooggradige (erg kwaadaardige) groeien snel volledig door de cortex in de weke delen
 - Ewing sarcoma:
 - opzetten van het periost (ui schil reactie) = kwaadaardig
 - Kleine spiculaire uitlopers in weke delen = kwaadaardig
- Secundaire
 - metastasen = uitzaaien andere kwaadaardige tumoren (borst, nier, long...)

Gewrichtsaandoeningen

- Artritis = Synoviale pathologie, het synoviaal weefsel ontsteekt = totale volledige aantasting van het gewricht
- Artrose= Mechanische pathologie, de delen die overbelast zijn in het gewricht worden meer aangetast= focale pathologie
- Verschillende letsels bij artrose/ artritis:
 - Kraakbeen stuk, gewricht nauwer
 - Peri articulaire osteopenie (ontkalking van het bot in de regio van het gewricht)
 - Reactie van het bot onder het kraakbeen
 - Erosies, cysten, geoden (botbalkjes weg)
 - Osteofyten: botvorming aan de randen
- Metabole aantasting gewricht = pathologische neerslagen naast het gewricht, meestal blijft het gewricht behouden

NEURORADIOLOGIE

CT en MRI⁴¹

1. CT

= x-ray voor beeldjes maken + computer voor cross-sectionele beelden

Voordelen

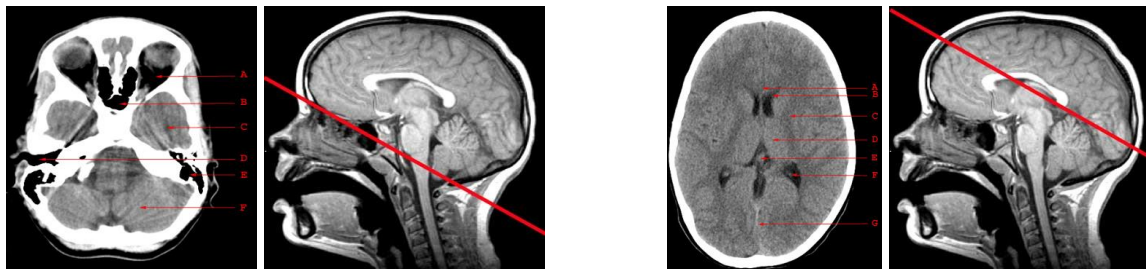
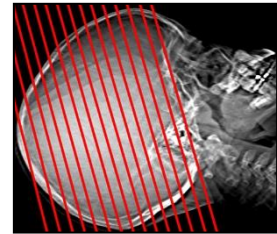
- niet invasief, pijnloos, zowel voor diagnose als behandeling
- betere resolutie dan RX → meer details over hoofdtrauma, beroerte, hersentumoren etc.

Afname

- pt. in rugligging in het midden van roterende tube
- hoek parallel aan schedelbasis → ↓ stralingslast orbita's
- IV contrast mogelijk → nut bij evaluatie van tumoren, cerebrale infecties en soms CVA

- *structuren die witter zijn = hyperdens*

→ cross-sectionele beelden; belang van symmetrie⁴²



2. MRI

= combo magnetisch veld, radiogolven, gradiënten en computer → gedetailleerde beelden

Voordelen

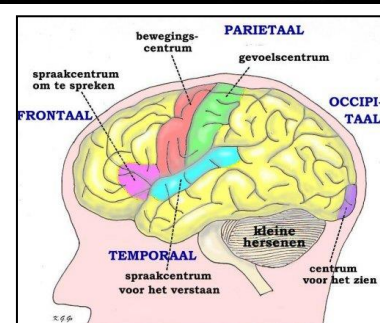
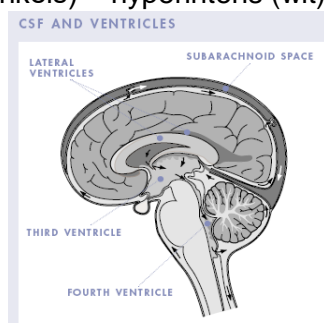
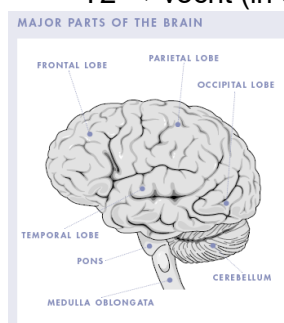
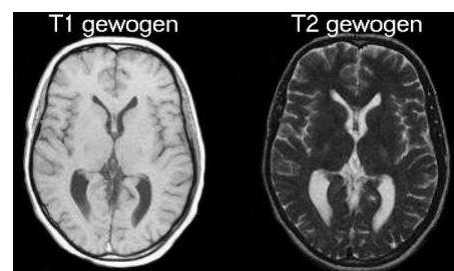
- niet invasief, meestal pijnloos, zowel voor diagnose als behandeling
- betere resolutie dan RX, echografie en CT
- MRI = meest sensitieve onderzoek voor beeldvorming van het hoofd

Wanneer MRI gebruiken voor diagnose?

- hersentumoren
- ontwikkelingsstoornissen hersenen
- vasculaire anomalieën hoofd (vb. aneurysma)
- afwijkingen ogen/binnen oor
- trauma, bloedingen en beroertes
- dementie
- infectieuze ziekten

2 types beelden

- T1 → vocht (in de ventrikels) = hypo-intens (zwart)
- T2 → vocht (in de ventrikels) = hyperintens (wit)



⁴¹ Bot is wit op CT en grijs op MRI

⁴² Als pt. onder foute hoek ligt is de symmetrie gecompromitteerd

Hersenen

1. Bloedingen (hemorragie)

Indeling

- Niet-traumatische intracraniale bloedingen → vbn. p21
 - zeer frequent → hypertensie (50%), aneurysma, vasculaire malformatie (vb. AVM)
 - frequent → embolische beroerte, amyloïd angiopathie, drugs, tumoren
 - zelden → veneus infarct, encephalitis (*tenzij bij herpes = frequent*)
 - zeldzaam → abces, vasculitis
- Traumatische craniocerebrale laesies
 - primaire
 - schedelbreuk, hematoom van de scalp
 - extracerebrale bloeding → epiduraal, subduraal, subarachnoidaal
 - intra-axiale laesies → corticale contusie, hersenstamletsel
 - secundaire (*t.g.v. massa effect van primaire laesies*)
 - cerebrale herniaties
 - traumatische ischemie, infarct
 - diffuus hersenoedeem
 - letsel t.g.v. hypoxie

Subduraal hematoom (SDH)

- = bloeding tussen dura en arachnoid
- oorzaak = scheur van brugvene → meestal traumatisch (*kan spontaan bij senioren*)
- 15% bilateraal; 95% supratentoriaal
- gaat over de suturen heen, maar niet over durale aanhechtingen
- beeldvorming
 - CT → p14-15
 - acute SDH → 60% hyperdens, 40% mixed hyper/hypodens
 - subacute SDH → ± isodens met cortex eronder
 - chronische SDH → hypodens
 - re-hemorragie kan mixed densiteit veroorzaken
 - *na een tijd wordt het bloed geresorbeerd* → isodens
 - MRI
 - hyperacute SDH → iso op T1; iso/hyper op T2
 - acute SDH → iso/licht hypo op T1; zeer hypo op T2
 - subacute SDH → hyper op T1 én T2
 - chronische SDH → meestal hyper op T2; 30% iso/hypo op T1

Epidurale bloeding (EDH)

- = bloeding tussen bot en dura
- oorzaak = schedelbreuk die leidt tot scheuren a. meningealis of durale sinus
 - soms enkel scheur v/d veneuze sinus zonder fractuur (15%)
- gaat over de suturen heen, maar niet over durale aanhechtingen
- 95% supratentoriaal, meestal temporaal/pariëtaal
- beeldvorming → p16
 - CT
 - biconvex, grijs-wit
 - 2/3 hyperdens & 1/3 mixed hyper/hypodens
 - MRI
 - biconvex; iso op T1
 - verplaatsing dura te zien als dunne lijn tussen hematoom & hersenen

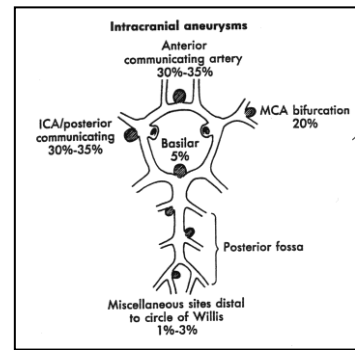
Subarachnoïdale bloeding

- oorzaken → ruptuur aneurysma, dissectie, trauma, vasculaire malformatie, vasculaire neoplasmie, veneus

Aneurysma's → zie prentje

Contusie → p19

- = als hersenen tegen schedel botsen bij trauma
- typisch frontobasaal
- CT → hyperdens indien bloeding, anders hypodens



Sequence (GRE !) vs. hemorrhage stage p23-24	T2	T1
Hyperacute (24 h) (intracellular oxyhemoglobin)	hyperintensity	iso/hypointensity
Acute (1-3 d) (intracellular deoxyhemoglobin)	hypointensity	iso/hypointensity
Early subacute(3-7) (intracellular methemoglobin)	hypointensity	hyperintensity
Late subacute(7-30) (extracellular methemoglobin)	hyperintensity	hyperintensity

2. Beroerte (CVA)

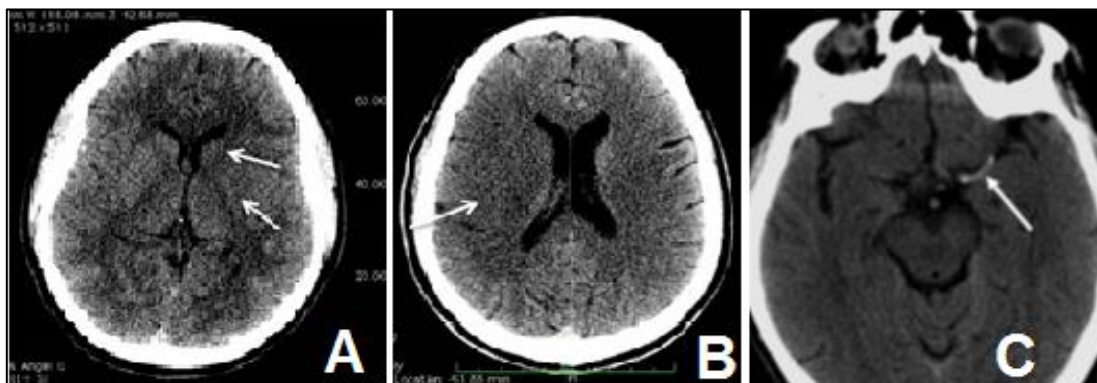
Epidemiologie → 24.000 CVA / jaar in België; meest voorkomende oorzaak van handicap

Behandeling

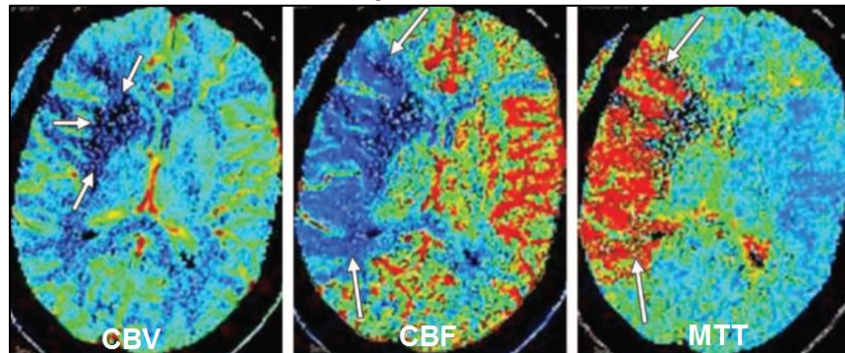
- Stroke-unit → optimale zorg ~ preventie van slikpneumonie, infectie, glycemie, ...
 - zorgt voor een vermindering van 18% in mortaliteit
- Reperfusie → spontaan, IV/IA trombolysie, mechanisch (trombectomie)
- Neuroprotectie → nieuwe medicatie?

Doelen van acute beeldvorming voor CVA

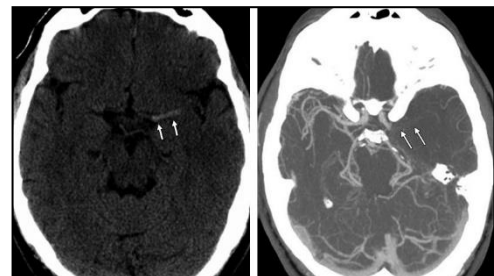
- Evaluatie parenchym > hemorrhagie uitsluiten, 1^e tekens CVA evalueren → **blanco CT**
 - = 1^e diagnostische test o.w.v. snelheid en lage kost
 - bevindingen bij acute CVA
 - A. focale parenchymale hypodensiteit
 - B. corticale zwelling met afvlakking sulci & verlies van grijs-wit onderscheid
 - C. hyperdense vaten (*a.cerebri media*, *a. basilaris*)
 - Belang van blanco CT → ASPECTS = Alberta Stroke Program Early CT score
 - ~ score op 10 met 10 normale CT en 0 diffusie CVA



- Cerebraal bloedvolume (CBV), bloodflow (CBF) en transit time (MTT) evalueren
→ **Perfusie-CT**
 - Doel = CVA bevestigen (*om onnodige behandelingen te vermijden*) & de penumbra (*zone die via rekanalisatie gered kan worden*) onderzoeken
 - Normaalwaarden
 - MTT: 4s
 - CBV: 4-5 ml /100g
 - CBF: 50-60 ml /100g /min



- Extra- en intracraniale vascularisatie visualiseren → **Angio-CT hoofd en hals vaten**
 - is er trombus en waar?
 - evaluatie collaterale circulatie
 - is er een significante stenose van de carotiden?
 - aanwezigheid van vasculaire laesies? (vb. dissectie, aneurysma)



- **MRI: Diffusion Weight Imaging (DWI)** → is er indicatie voor thrombolysis?

3. Tumoren

= abnormale weefselgroei in de schedel of wervelkolom (*van CZS dus*)

- Maligne vs. benigne⁴³
- Primair vs. secundair
- Symptomen → hoofdpijn, seizures, nausea, braken, visus/gehoor stoornissen, cognitieve/gedrags stoornissen, motorische/balans problemen
- Diagnose → neurologisch onderzoek (FO) + beeldvorming (CT, MRI, PET) + EEG + biopsie

Classificatie (< WHO)

- Tumoren van neuro-epitheliaal weefsel
 - astrocyten, oligodendrocyten, ependymaal, plexus choroïdeus, neuronen, glia
- Tumoren van craniale en paraspinale zenuwen
- Tumoren van de meningen
 - meningotheliale cellen, mesenchymaal, melanocyten
- Lymfomen en hematopoïetische neoplasieën
- Kiemcel tumoren
- Tumoren in de sella turcica
- Metastasen → 10x meer voorkomend dan primaire tumoren; bij 20-40% kanker pt.
 - > long (50%), borst (15-20%), melanoom (10%), colon (5%)
 - 80% in hemisferen, 15% cerebellum, 5% hersenstam
 - meestal multiple
- Cystes en tumor like lesions
 - arachnoid cyste, epidermoid, dermoid, colloid cyste 3^e ventrikel, rathke cleft cyste

⁴³ "benigne" → verdrukking weefsels!

Grading

- 1) Possibility of cure
- 2) Infiltratief, often cure
- 3) Histological evidence of malignancy → adjuvant radiation and/or chemotherapy
- 4) Malignant, rapid pre- and postoperative disease evolution and fatal outcome

→ 38% anaplastisch astrocytoma / glioblastoma + 27% meningioma / mesenchymale tumoren

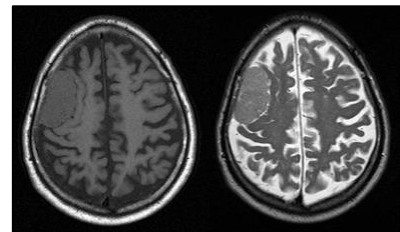
- glioma = tumor < gliale cellen genre astrocyt, oligodendrocyt → aspecifieke term
 - meest voorkomend = astrocytoma → 50% GBM (glioblastoma multiforme; maligne)

Classificatie volgens ligging

- Supratentoriaal
 - Volwassenen
 - astrocytoma
 - oligodendroglioma
 - ependymoma
 - metastase
 - meningioma
 - lymfoom
 - infarct
 - Kinderen
 - astrocytoma
 - ganglioglioma
 - ependymoma
- Infratentoriaal
 - Volwassenen
 - astrocytoma
 - metastaen
 - hemangioblastoma
 - medulloblastoma
 - ependymoma
 - meningioma
 - schwannoma
 - infarct
 - Kinderen
 - astrocytoma
 - medulloblastoma
 - ependymoma
 - epidermoid cyste
 - craniopharyngioma

Meningioma → 15% alle hersentumoren

- CT & MRI → durale aanhechting, lokalisatie, ernst van oedeem, verplaatsing van belangrijke neurovasculaire structuren → belang bij planning operaties
 - isodens op T1 en T2
- epidemiologie
 - frequenter bij vrouwen (1:2 ~ man:vrouw)
 - 30-60j met piek op 45j
 - associatie met chromosoom 22 ~ NF2 gen
 - 60-80% survival rate na operatie

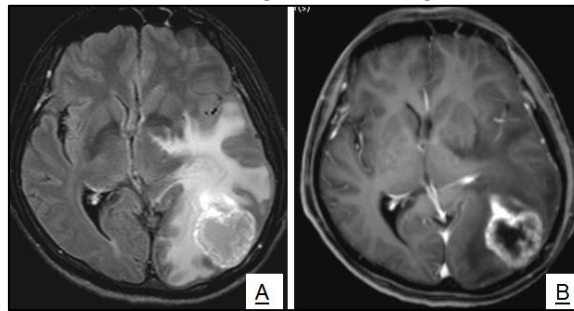


Astrocytoma

- +/- 80% alle gliomas, meestal supratentoriaal
- CT & MRI → beeld naargelang type [p47-49](#)
 - laag gradige astrocytomas ~ homogene hypodense massas op CT, goed begrensd, 20% geassocieerde calcificaties
 - graad III ~ heterogener, oedeem, zz calcificaties, uitbreiding
 - graad IV ~ zeer heterogeen, sterke groei, extensief oedeem, zz calcificatie, vaak necrose en hemorragie
- epidemiologie
 - frequenter bij mannen (2:1 ~ man:vrouw)
 - incidentie naargelang leeftijd
 - GBM ~ 45-70j
 - laag gradige astrocytomas ~ 25-40j

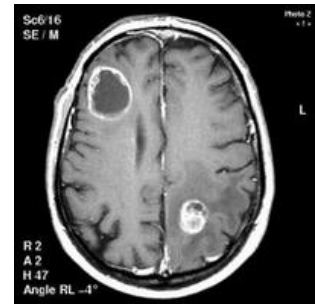
Glioblastoma multiforme (GBM)

- meest voorkomende en meest maligne v/d gliale tumoren
 - = heterogene mix van slecht gedifferentieerde neoplastische astrocyten
 - = graad IV!
 - primair GBM (60%) → > 50j, symptomen binnen 3 maanden
 - secundaire GBM (40%) = maligne progressie laag-gradig of anaplastisch astrocytoma → < 45j, tijdsspanne van <1 jaar tot >10 (gem. 4-5)
- behandeling → chirurgie, radio en chemo → palliatief
- epidemiologie
 - 12-15% van alle intracraniale neoplasieën; 50% van alle astrocytomen
 - meestal na 40j met piekincidentie 65-75j
 - iets frequenter bij mannen; meer bij caucasians
 - gemiddelde overleving = 8-14 maanden; invers gecorreleerd met leeftijd
- uitzicht op beeldvorming → p52-54
 - eerder groot; dikke onregelmatige rand; centrale necrose; omringd met oedeem
 - zeer infiltratief, preferentieel langs witte stof banen (vb. corticospinaal, corpus callosum > butterfly glioma); zelden infiltratie van de meningen
 - 20% multifocaal met onderlinge verbinding van de massa's



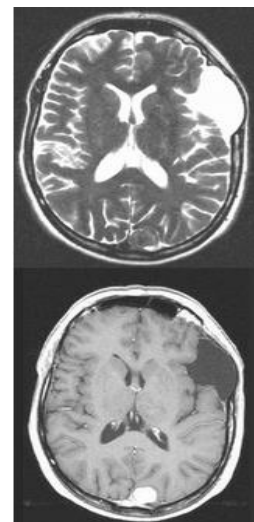
Metastasen → p56-57

- = meest frequente intracraniale tumor (± 40%) bij volwassenen
 - long > borst > melanoom > nier > colon
- Vroege diagnose en agressieve behandeling kan resulteren in vermindering van symptomen gecreëerd door de hersentumoren ~ verbetering levenskwaliteit
- Epidemiologie
 - ↑ incidentie want kankerpt. leven steeds langer
 - 15% kankerpt.; bij 24% kankerpt. die overlijden
 - meestal slechte prognose ~ naargelang ernst systemische tumor, locatie/aantal metastasen, gevoeligheid aan radio/chemotherapie
 - 18-24 maanden overleving



Arachnoid cyste

- = benigne malformatie v/h arachnoid ≈ duplicatie arachnoid
- 1% intracraniale laesies
- uitzicht op beeldvorming → CT & MRI p58-59
 - meestal middelste craniale fossa of posterieure fossa
 - cystische, extra-axiale massa met dezelfde densiteit als het CSV
 - soms toch hyperdens als er interne hemorrhagie is of hogere eiwitinhoud
 - kunnen lijken op epidermoid tumoren

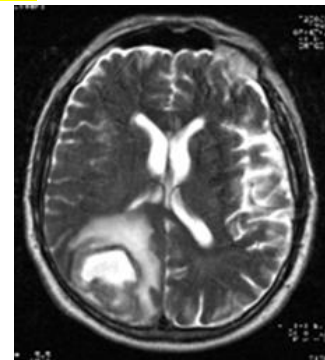


CPA laesies (*cerebellopontine angle*) → p61-64

- Begrenzing → pons, cerebellum, sinus petrosus
- Meestvoorkomende laesies
 - 70-80% acoustische schwannomas
 - 5-10% meningiomas
 - 6-7% epidermoid tumoren
- Symptomen → gehoorverlies, tinnitus, vertigo, hoofdpijn, faciale hypo-esthesie
 - naargelang plaats en grootte van de laesie
- Beeldvorming → MRI contrast is meest gevoelig

Abcessen

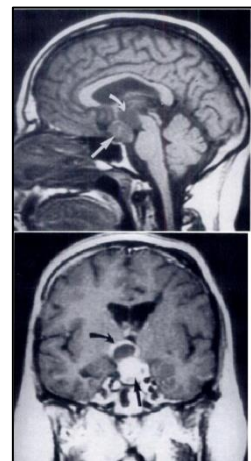
- meestal t.g.v. verspreiding infectie > otitis media, mastoïditis, paranasale sinusitis, tanden → verspreiding = hematogeen, trauma, retrograde tromboflebitis
- meestal veroorzaakt door pyogene bacteriën > streptococci en staphylococci
 - soms niet-pyogene bacteriën > m. tuberculosis, fungi, parasieten
- 4 stadia in de evolutie
 - vroege cerebritis (3-5d) → focale infectie, lokaal oedeem, necrose foci, petechiën
 - late cerebritis (5-14d) → centrale necrose, proliferatie BV, inflam. cellen
 - vroege kapsel vorming → centrale necrose/debris, verdikking via collageen, massaffect (ook door oedeem)
 - goed begrensd laat abces → kan maanden aanhouden
- uitzicht op beeldvorming → MRI met én zonder contrast p67-68
 - meestal t.h.v. corticomedullaire (grijs-wit) junctie van frontale/pariëtale lobben
 - ook afh. v/ oorspronkelijke infectie vb. otitis media > temporaal/cerebellum
 - meestal single, multiple enkel bij immunogecompromitteerde patiënten
 - uitzicht naargelang stadium
 - ddx: necrotische tumor
 - hypo-intens op MRI DWI (abces is hyperintens)



→ p68-71??

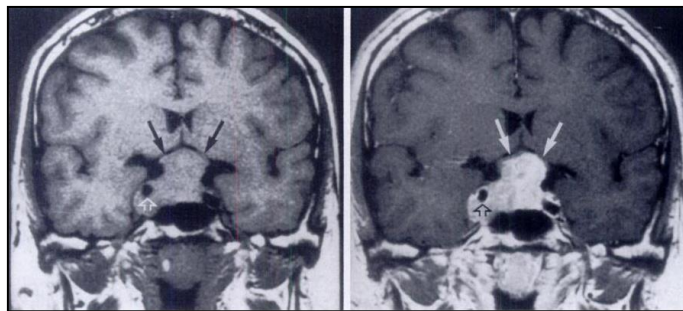
Laesies in de regio van de sella turcica⁴⁴

- o.a. hypofyse adenomen, craniopharyngiomen, cystes v/h zakje van Rathke
 - minder frequent = meningioma, germinoma, hamartoma
- diagnose = multidisciplinair → endocrinoloog, opthalmoloog, neuroloog
- behandeling = meestal transsfenoidale resectie
- craniopharyngioma = meest frequente bij kinderen
 - = epitheliale neoplasmie v/h squameus epitheel afkomstig v/h zakje van Rathke
 - 3-5% intracraniale massa's
 - benigne, traag groeiend; meestal supra/intrasellair
 - symptomen → chronische hoofdpijn, visus stoornissen, onderbreking van CSV flow, disfunctie v/d hypothalamo-hypofysaire as, groeistoornissen
 - uitzicht op beeldvorming
 - cystische + solide componenten met calcificaties
 - cystes (cholesterol, hemorragie) → hyperintens T1
 - solide → iso-intens T1, hyperintens T2



⁴⁴ Anatomie zie p72

- hypofyse adenomen = meest frequente massa in sella turcica bij volwassenen
 - 10% intracraniale neoplasieën
 - classificatie volgens grootte → micro (<10mm) en macro (>10mm)
 - micro adenomen → vnl. hormonale symptomen
 - macro adenomen → vnl. symptomen t.g.v. massa effect
 - types
 - prolactinoma = meest frequente micro → amenorree, galactorree
 - GH secreterende → acromegalie
 - ACTH secreterende → Cushing
 - massa effect → optisch schiasma, infundibulum, sinus cavernosus
 - uitzicht op beeldvorming
 - micro's → hypo-intens t.o.v. normaal op T1 (soms iso) en variabel op T2
 - macro's → iso-intent t.o.v. grijze materie en hypo t.o.v. normaal op T1 en variabel op T2; visualisatie beter via contrast
 - invasie sinus cavernosus → unilaterale 'encasement' a. carotis



Wervelkolom

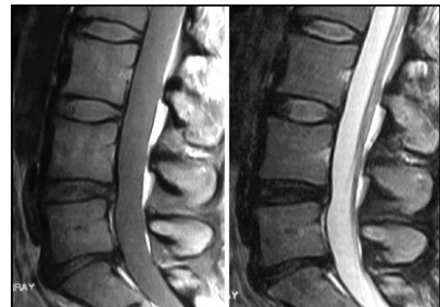
1. Tussenwervelschijven

= zachte nucleus pulposus (H_2O , *proteoglycanen*) + sterke annulus fibrosus (*collageen I*)

- via vezels van Sharpey verbonden aan corpus vertebrale
- kraakbenige eindplaten die wervel en schijf verbinden en de schijf van nutriënten voorzien

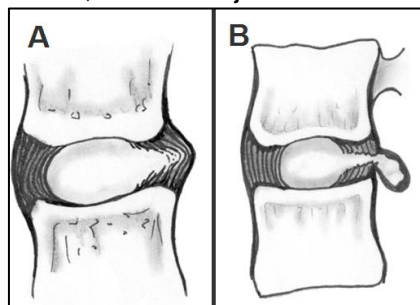
Degeneratie van de tussenwervelschijf

- verlies van hyperintensiteit op T2 → zwarte discus
- verlies van discus hoogte (*vernauwing*)
- verandering contouren ~ hernaties, uitpuilen
- calcificaties
- vacuum fenomeen
- verandering eindplaten ~ erosies, reactieve sclerose
- osteophyten in het spinaal kanaal en foramina



Protrusie en extrusie van de discus (zie ook **p83-87**)

- A. protrusie → grootste diameter van de hernia is kleiner dan de diameter van de basis
 - B. extrusie → grootste diameter van de hernia is groter dan de diameter van de basis
- hoe meer materiaal in hernia, hoe moeilijker onderscheid → sagittale CT!



Andere pathologieën van de wervelkolom

- Lumbaal radiculair syndroom = verzamelnaam voor de pijn die ontstaat door compressie van een zenuw in de rug
- Fracturen (met mogelijks vrije fragmenten)
- Stenose v/h lumbaal mergkanaal = vernauwing kanaal t.g.v. degeneratie (vnl. ouderen)

2. Trauma

Verschillen tussen hoogtes

- cervicaal → na auto ongevallen
 - thoracaal → meer kans op neurologische letsel (*o.w.v. smaller kanaal?*)
 - lumbaal → na een val
- 3 biomechanische zones
- T1-T8 relatief rigide (*o.w.v. ribben*)
 - T9-L2 = transitie zone → overgang immobiel naar mobiel
 - L3-sacrum = flexibel (*zone van letsels t.g.v. axiaal gewicht*)
- stabiliteit van de wervelzuil = vermogen om het ontwikkelen van neurologische letsels als gevolg van fysiologisch gewicht te vermijden in een normale range of motion

Vroege diagnose van belang voor betere outcomes → TLICS⁴⁵

- Classificatie en risico inschatting v/d ernst van het letsel o.b.v. 3 criteria

1) morfologie van het letsel → p93

a. Compressie (1 punt)

- = verlies in hoogte v/h corpus vertebrale of verstoring v/d eindplaat
- oorzaak = axiaal gewicht

b. Barsten (2 punten)

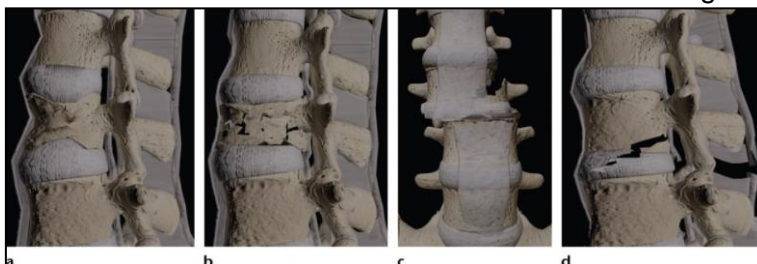
- corpus vertebrale, variabele graad van retropulsie
- oorzaak = axiaal gewicht (*sterker dan bij compressie*)

c. Translation/rotatie injurien (3 punten)

- = horizontale verplaatsing of rotatie van een corpus vertebrale t.o.v. een ander
- oorzaak = "torsional & shear" krachten gekenmerkt door rotatie v/d proc. spinosus, unilaterale/bilaterale facet fracturen/dislocaties en subluxatie v/d wervel

d. Distraction injurien (4 punten)

- = anatomische dissociatie over de volledige verticale as



2) neurologisch onderzoek

3) integriteit van het posterieur ligamenteair complex (PLC)

- = lig. supraspinosus + lig. interspinosus + facet gewrichten + lig. flava
- functie = posterieure band van belang voor stabiliteit
- wnr gescheurd (3 punten) vaak geen spontaan herstel → collaps, kyfose

• Treatment guidelines

- 0-3 punten → niet-chirurgisch (*compressie/barsten zonder neurologisch deficit*)
- 4 → al dan niet chirurgisch
- ≥ 5 → asap chirurgisch (*onstabiele fractuur, neurologische deficits*)

⁴⁵ thoracolumbar injury classification and severity score

- Aandachtspunten
 - morfologie is beter te zien op CT (sagittaal, axial en coronaal) dan via MRI
 - bij barsten is MRI wel aangeraden om te onderzoeken of ze al dan niet stabiel zijn of niet naargelang de intactheid van het PLC (*chirurgie!*)
 - bij rotatie en distraction letsels is meestal het PLC ook gescheurd → sws score van 6-7, waardoor sws chirurgie ongeacht de neurologische status
- Vb. casussen **p95-96**

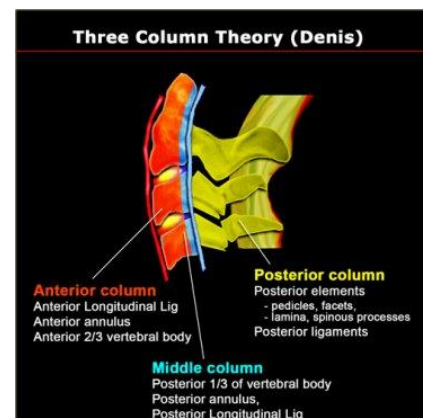
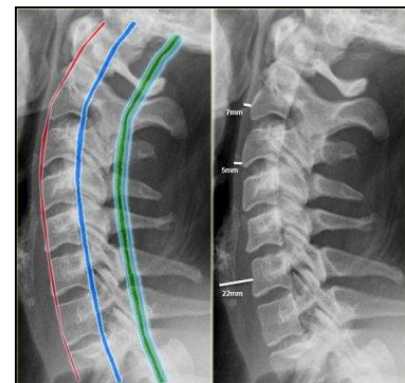
Gordel fracturen = horizontale vertebrale letsels t.g.v. hyperflexie

- disruptie van de proc. spinosus, lamina, proc. transversus, pediculi en corpus vertebrale
- best te zien via laterale RX; antero-posterieure RX voor aantonen gebroken proc. transversus; wordt gemist op axiale CT



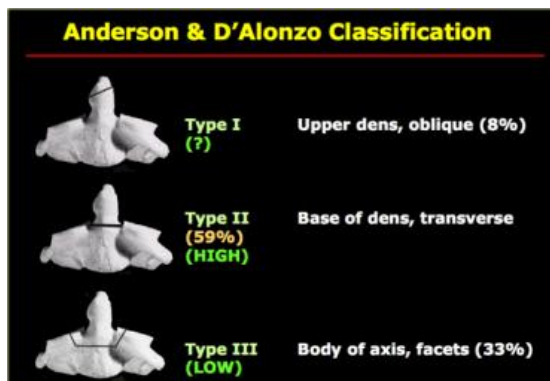
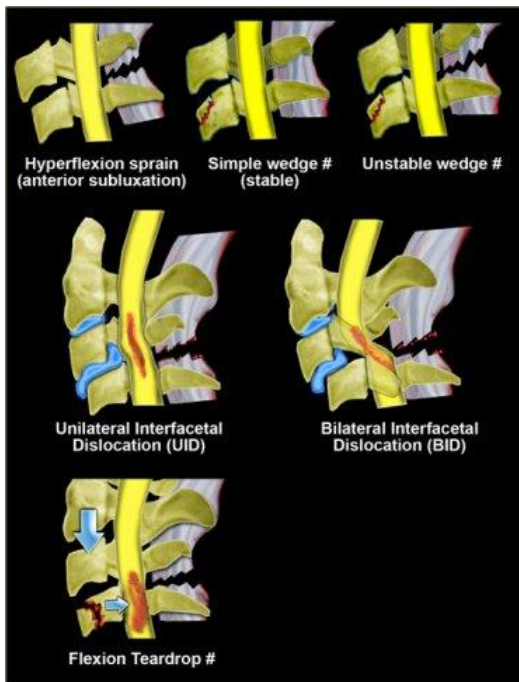
Cervicale fracturen

- epidemiologie
 - 3% auto-ongeval pt; 10-20% hoofdletsels
 - 1/3 op C2, 1/2 op C6 of C7
 - 17% wordt te laat of niet gediagnosticeerd → risico op neurologisch deficit
- NEXUS criteria o.b.v.
 - cervicale gevoeligheid t.h.v. de posterieure middellijn
 - neurologisch deficit
 - alertheid
 - intoxicatie
 - een ander pijnlijk afleidend letsel
- Laterale RX = nuttigste → systematisch bekijken
 - zijn de structuren nog lineair? → anterieure, posterieure en spinolaminaire lijn
 - kinderen kunnen pseudosubluxaties hebben !
 - prevertebrale ruimte
 - < 7 mm op C2
 - < 5 mm op C3/4
 - < 22 mm op C6 (*breder o.w.v. slokdarm*)
 - is er verbreding van de ruimte tussen de proc. spinosi? → ligamentaire disruptie
- Oorzaken van cervicale letsels
 - flexie
 - extensie
 - verticale compressie
 - flexie-rotatie
- Stabiliteit van fracturen → “three column theory of Denis”
 - stabiliteit is afh. van min. 2 intacte kolommen → vanaf dat er 2 kolommen onderbroken zijn is er segmentale verplaatsing mogelijk
 - onstabiele fracturen
 - flexie → wedge fracture, teardrop fracture
 - extensie → type 2 odontoid fractuur, Hangman fractuur
 - verticale compressie → barsten
 - vb. Jefferson fractuur = barst v/d ring van C1 t.g.v. axiale kracht (**p111**)



Flexie letsels → hyperflexie is de meest voorkomende oorzaak van cervicale letsels

- Anterieuere subluxatie
 - scheuren van de posterieure ligamenten
 - stabiel want anterieure en middelste kolom zijn intact
- Eenvoudige (stabiele) wedge fractuur
 - intact PLC
 - meestal t.h.v. superieure eindplaat → >3mm, stijging concaviteit en densiteit
- Onstabiele wedge fractuur
 - = anterieure wedge fractuur + scheur PLC
- Unilaterale interfacet dislocatie
 - t.g.v. flexie én rotatie
- Bilaterale interfacet dislocatie
 - onstabiel; hoge incidentie van mergschade
- Teardrop fractuur
 - t.g.v. extreme flexie én axiaal gewicht → vaak bij auto-ongevallen
 - = los fragment v/h corpus + posterieure verplaatsing corpus + scheur PLC
 - onstabiel; hoge incidentie van mergschade (70% neurologisch deficit)
 - RX → verbreding facet gewrichten en interspinosus afstanden, discus vernauwd
- Anterieuere atlantoaxiale dislocatie
- Odontoïd fractuur = fractuur v/d dens axis
 - zeer frequent vnl. bij kinderen (75%) en ouderen
 - classificatie
 - type 1 (8%) = avulsie van de tip v/d dens (aanhechting met C1)
 - zeldzaam, stabiel want fractuur boven lig. transversum
 - type 2 (59%) = fractuur t.h.v. basis v/d dens
 - altijd onstabiel, geneest slecht
 - type 3 (33%) = fractuur door het corpus v/d axis, soms ook facet gewrichten
 - onstabiel, betere prognose dan type 2



Extensie letsels

- Teardrop fractuur
- Hangman fractuur
 - = fractuur v/d pediculi en interarticulair deel van de axis (C2)
 - meest frequente; vnl. duikongevallen
 - onstabiel; zelden geassocieerd met mergletsel tenzij t.h.v. CT
 - classificatie
 - type 1 (65%)
 - haarlijnfractuur, discus C2-3 normaal
 - type 2 (28%)
 - dislocatie C2, onderbroken discus C2-3, anteroposterieure compressie fractuur C3, onstabiel o.w.v. ligament scheur
 - type 3 (7%)
 - dislocatie C2, bilaterale facet dislocatie C2-3, zeer onstabiel
 - *kan ook door hyperflexie in sommige gevallen*
 - vb. **p108**
- Hyperextensie met bijkomende spondylose
 - teken op beeldvorming ≈ open boek → verbreding intervertebrale ruimte C5-6 anterior en posterieure vernauwing
 - vb. **p109-110**

