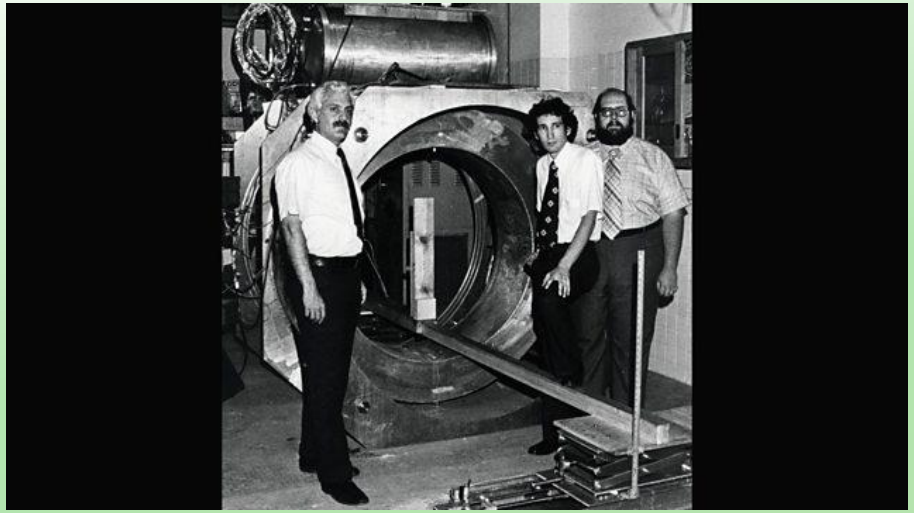
Keuhkojen MRI-tutkimukset

Jussi Tallus

Radiologi, TYKS

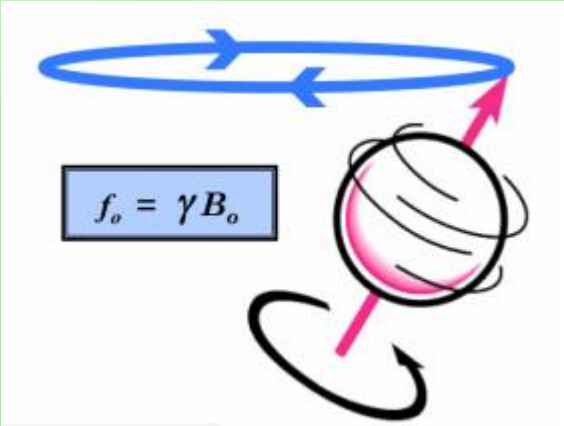
Keuhkolääkäripäivät, 18.3.22

1) Taustaa
2) Haasteita keuhkojen magneettikuvantamisessa
3) MK vs. TT
4) Indikaatioita ja kontraindikaatioita
5) Uusia mahdollisuuksia

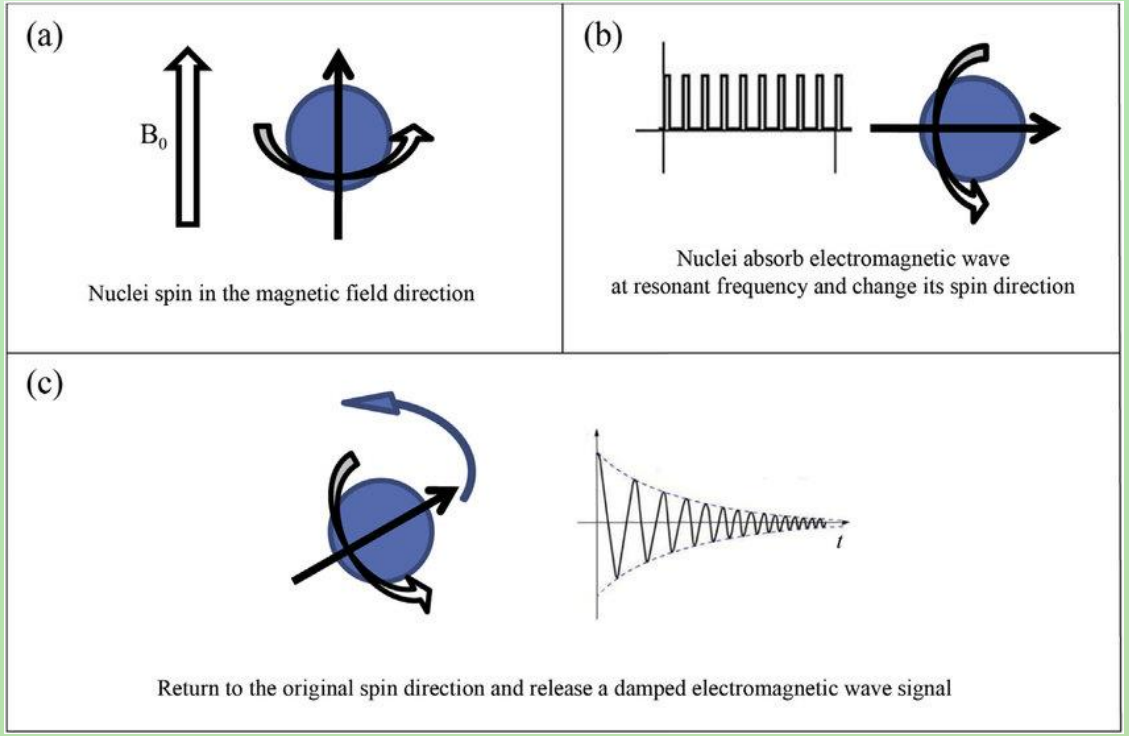


- Ensimmäiset varsinaiset magneettikuvat 70-luvulla
- Peter Mansfieldille ja Paul C. Lauterburille Nobelin palkinto 2003 kehitystyöstä
- Raymond Damadian ja ensimmäinen vartalon MRI 1977 ↑
- John Mallardin ym. kehittämä, 1980 kliiniseen käyttöön otettu MRI ←

- Nykytilanne:
  - Rtg edelleen yleinen ja tärkeä
  - TT monipuolisin ja usein paras thoraxin kuvantamismodaliteetti
    - + muita menetelmiä, PET-TT, UÄ…
  - MK pienessä roolissa
    - Karkeasti arvioiden 1-2 % TT:n määrästä



mriquestions.com



Xu ym., 2019

Kaksi ongelmaa

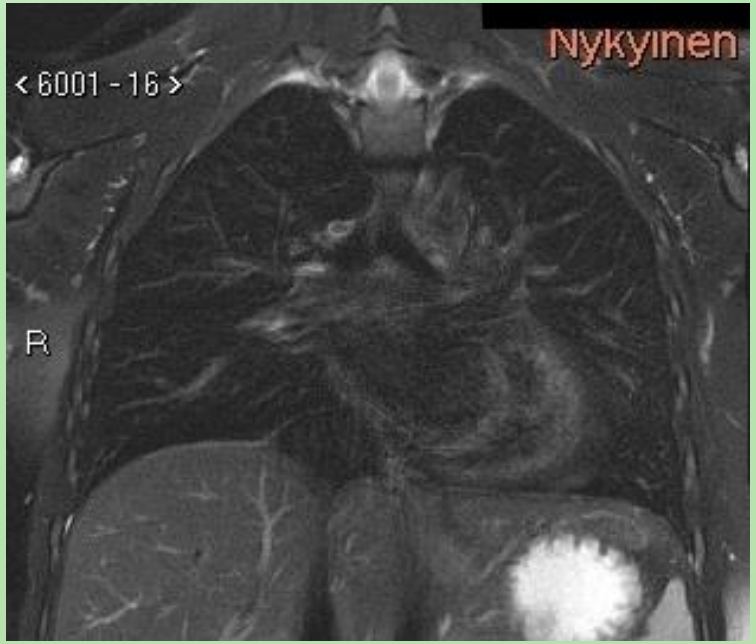
1) Signaalin määrä riippuu protoneista (H^+), joita on keuhkokudoksessa vähän
   - ~800 g kiinteää kudosta ja verta / 4–6 litran tilavuus ja kaasua

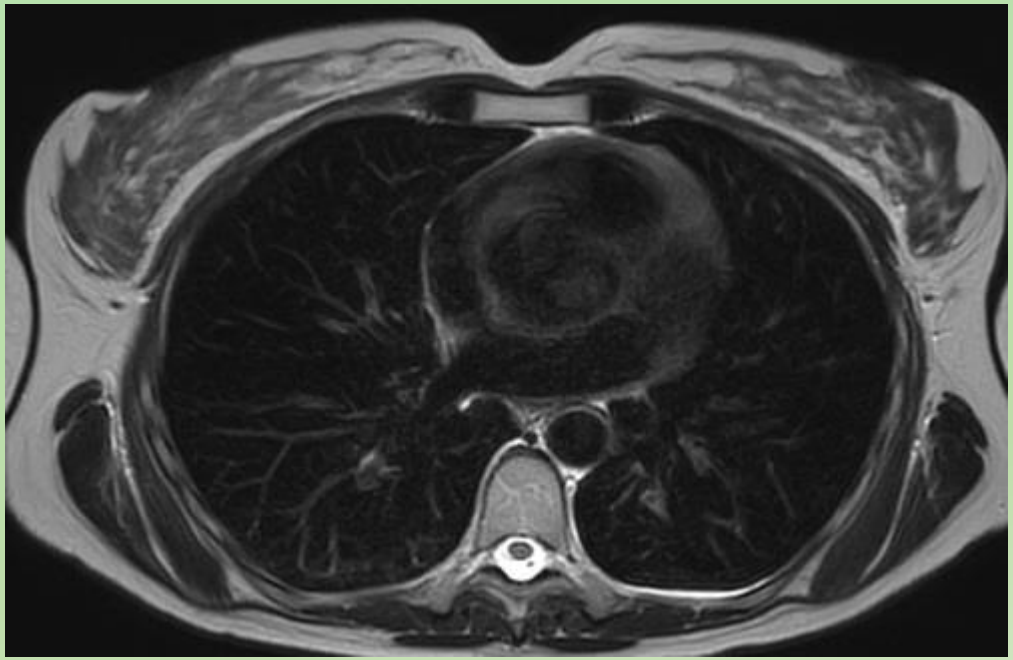
2) Magneettiselta suskeptibiliteetiltaan (liittyy magnetisoituvuuteen) erilaisten kudosten rajapinnoilla menetetään signaalia
   - esim. metalli – luu, mutta myös ilma – pehmytkudos!

radiopaedia.org

➡ Pahimmillaan keuhkot lähinnä musta aukko kuvissa

➡ ”Plus- ja miinus-patologia”


Nykyinen
< 6001 - 16 >
R

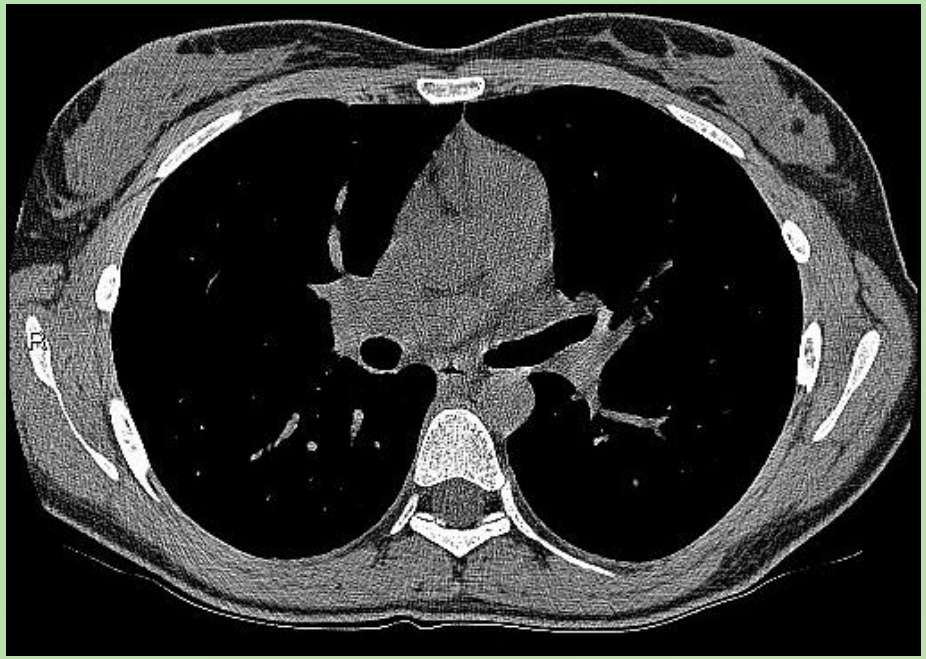


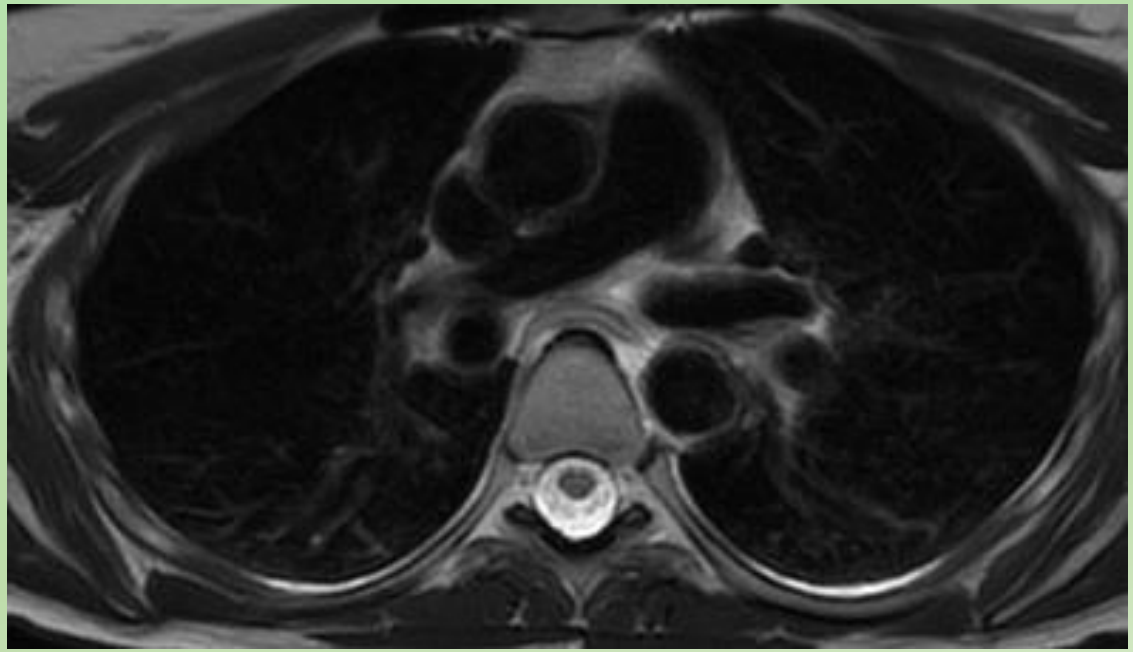
Kolmas ongelma: Liike

- MK on hitaampaa kuin TT
- Kuvaaminen vapaassa hengityksessä
  - Gating (valitaan tietyt hengitys- tai sykesyklin vaiheet kuviin)
    - Pidentää kuvauksen kestoa
  - Retrospektiivistä tai prospektiivista
  - Triggering esim. hengityksen monitoroinnin perusteella
- Kuvaaminen hengityspidätyksessä
  - Nopeat kuvaussekvenssit (parallel imaging, partial Fourier…)
- Liikeartefaktoja vähentävät kuvaussekvenssit (esim. radiaalinen keräys)

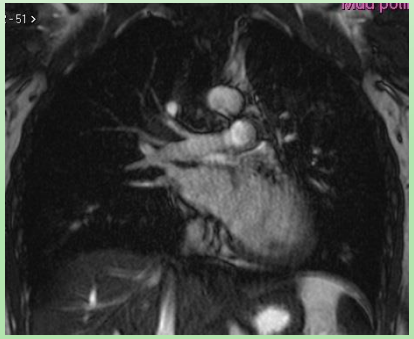
Nykyinen
< 3 - 46 >
R
I

Nykyinen
< 8 - 16 >
R
I

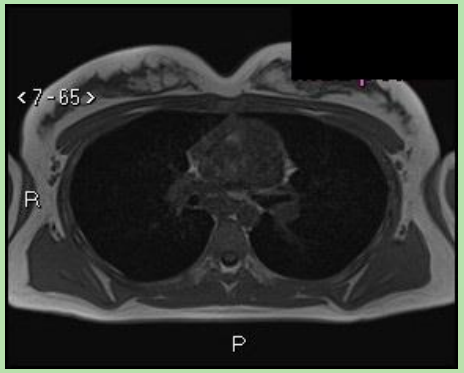


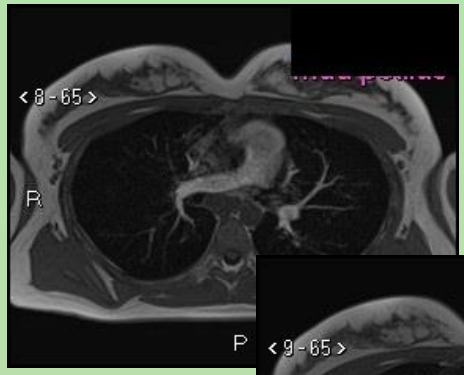


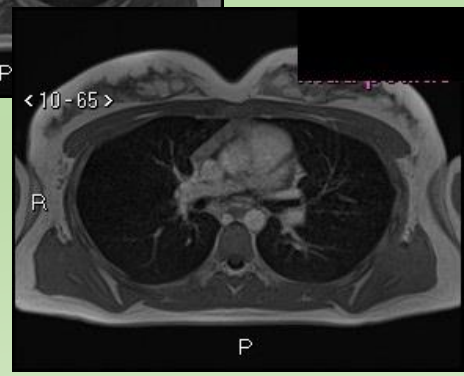
- Tyypillisiä sekvenssejä:
  - T2-painotteinen
    - Vesi ja rasva kirkasta
    - Haluttaessa rasvan signaali voidaan suppressoida



  - T1-painotteinen
    - Vesi tummaa, rasva kirkasta
    - Rasvan signaali voidaan suppressoida
  - Gd-tehosteinen







  - Diffuusiopainotteinen
    - Kuvaa veden satunnaisliikkeen määrää
    - Kertoo mm. kudoksen sellulariteetista

	MK	TT
Ionisoiva säteily	-	+
Varjoaine	Gadolinium	Jodi
Nopeus	15-45 min	5-10 min
Vasta-aiheet	Vähintään relatiivisia usein, esim. tahdistin	Ei juurikaan
Paikkaresoluutio	+/-	+++
Pehmytkudoskontrasti	+++	+/-
Dynaaminen kuvaus	Tarpeen mukaan	Lisää säteilyannosta
Informaation monipuolisuus	++	+
Saatavuus	+/-	++

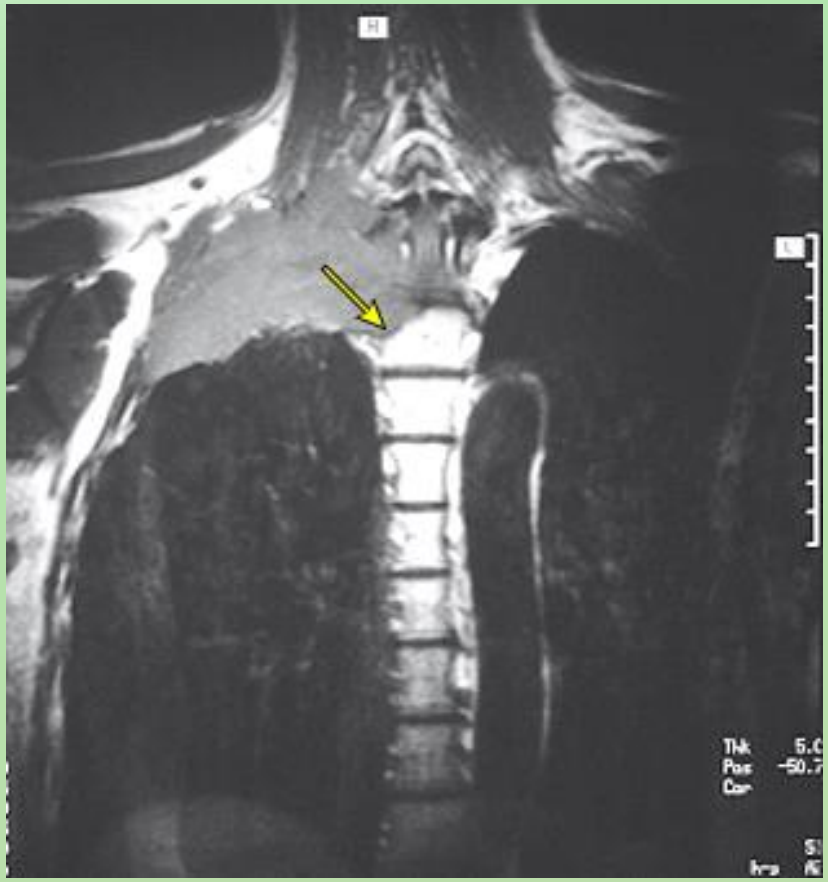
Indikaatioita

- Katsauksia mm. UpToDate (https://www.uptodate.com/contents/magnetic-resonance-imaging-of-the-thorax) ja Fleischner society position paper (Hatabu ym., 2020)

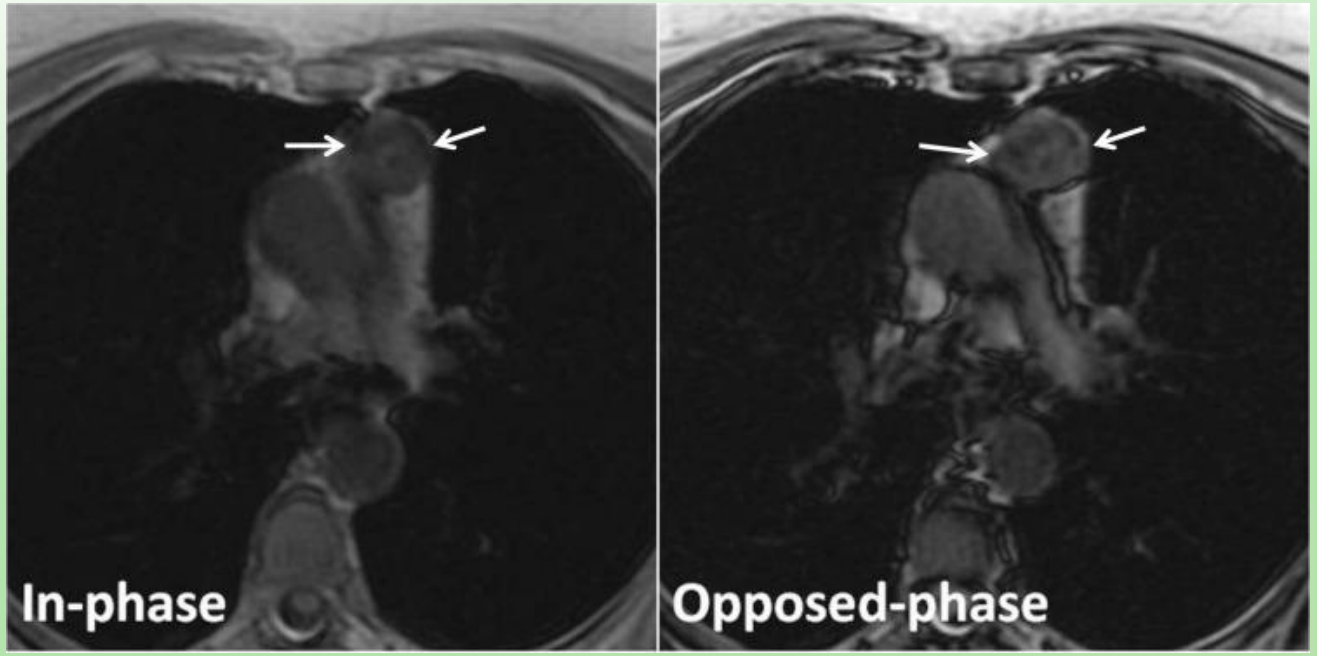
Keuhkojen ulkopuoliset kudokset

- Rintakehän seinä ja pallea
- Pleura
- Spinaalikanava, paraspinaaliset alueet
- Mediastinum ja hilukset

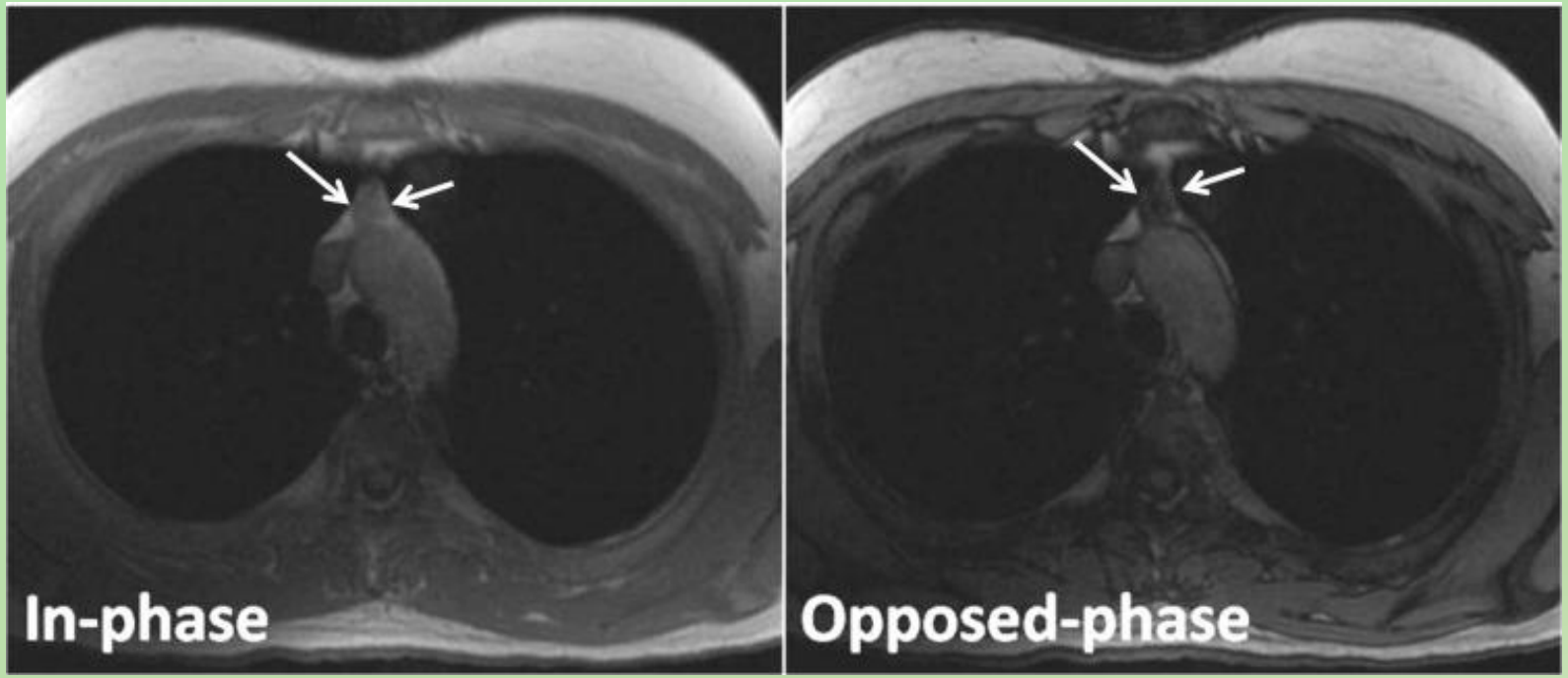
- Luukuvantamisessa molemmilla etunsa
  - Diffuusi luuydininfiltraatio – MK
  - Kortikaaliset destruktiot – TT
- Tuumorit, abskessit, kystat ym. massat
  - MK kykenee erottamaan neoplasiat, solidit, muutokset, kystat ym. varmemmin toisistaan
  - Esim. tymooman ja muiden mediastinumin massojen diagnostiikka ja staging
- Invaasio
  - Esim. spinaalikanavan tai thoraxin seinän tuumori-invaasion arviointi
- Pleuramuutokset
  - Pleuranesteen selvittelyyn MK?
  - Mesoteliooman laajuuden osoittamisessa tarkempi?
  - TT näyttää pleuran (ja keuhkojen) kalkkeumat paremmin



Uptodate.com



Tymooma vs. thymuksen hyperplasia,
Popa ym., 2012



Keuhkot – huonot uutiset

- TT useissa indikaatioissa yhä tarkempi
  - Resoluutio: 3-4 mm nodulien realistista odottaa näkyvän, pienemmät hyvin epävarmasti
    - Biederer ym., -17, sensitiivisyys 4–8 mm noduleille 60–90 % ja >8 mm 100 %
    - Soveltuu heikosti miliaaristen tautien (esim. sarkoidoosi, tubi, kilpirauhassyövän metastasointi) selvittelyyn
    - Interstitiaalisten tautien muutokset
  - Emfyseema, ilmasalpaus, pneumothorax – ”miinus-patologiaa”, suhteellisen vaikea nähdä
  - Kalkkeutuneet nodulit keuhkoissa = musta kohde mustalla taustalla
    - Sarkooman levinneisyysselvittelyyn huonosti soveltuu

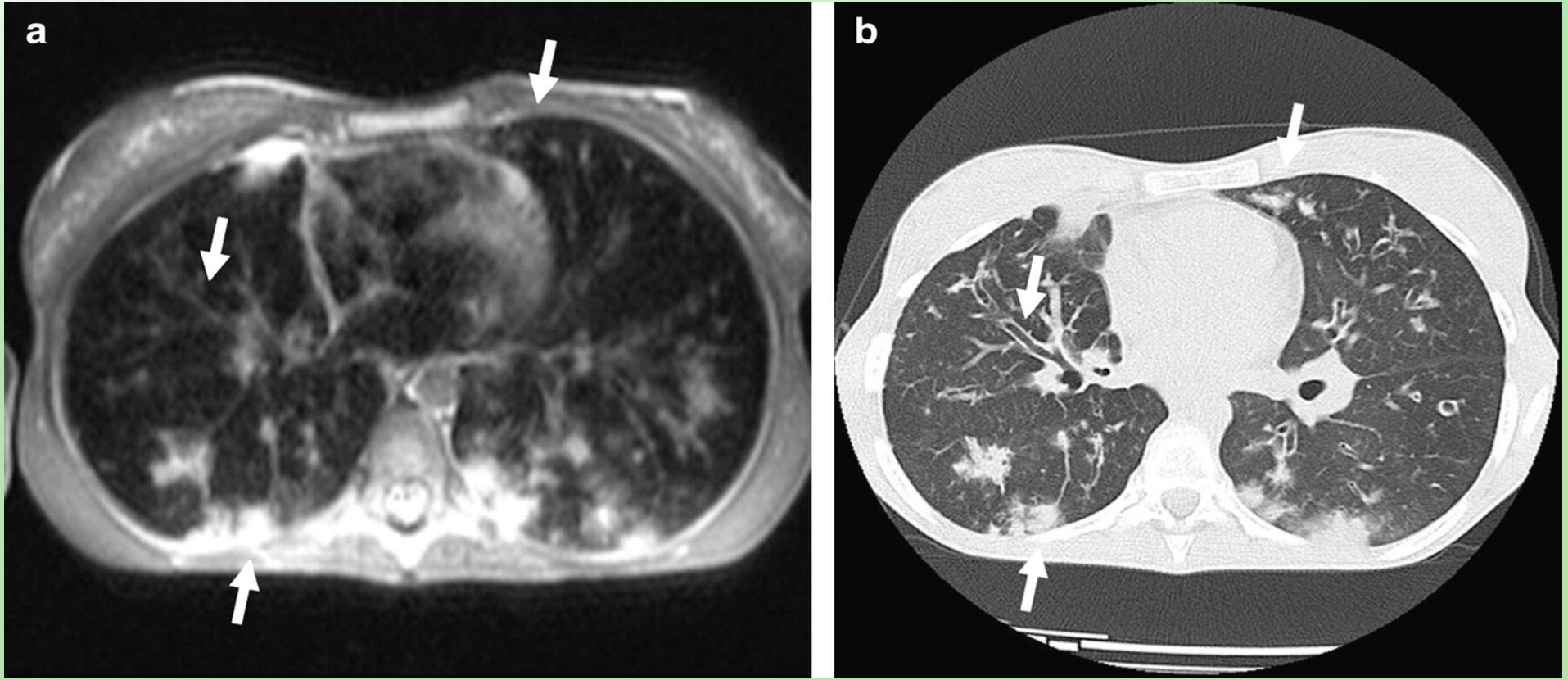
Mutta:

- Keuhkosyövän staging
  - Tarkkuus verrannollinen PET-TT:hen ei-pienisoluisessa keuhkosyövässä
  - Hyvä diffaamaan neoplasiaa muusta massasta (esim. atelektaasi) ja toteamaan invaasio viereisiin kudoksiin
  - Käytännössä MRI jatkotutkimus, kun invaasiota epäillään mutta jää epävarmaksi, tai varjoaine-TT ei mahdollinen
    - Pancoast-tuumorien invaasion arvioinnissa ajateltu TT:tä paremmaksi
- Keuhkosyövän ja muiden tuumorien seulonnassa potentiaalia
  - Pienimpien nodulien missaaminen ei ehkä haittaa, vähemmän vääriä positiivisia?
  - Ei ionisoivaa säteilyä

- Kystinen fibroosi
  - Tutkittu melko paljon ja ainakin Saksassa rutiinikäytössä seurannassa (ks. Hatabu ym., 2020)
  - Eichinger ym., 2012 ehdottama MK-pisteytys CF:lle

Parameter	Right			Left			Maximal parameter / global score
	UL	ML	LL	UL	LG	LL	
1. Bronchiectasis/wall thickening							12
2. Mucus plugging							12
3. Abscesses/sacculations							12
4. Consolidation							12
5. Special findings							12
6. Perfusion size							12
Maximal lobar / global score	12	12	12	12	12	12	72

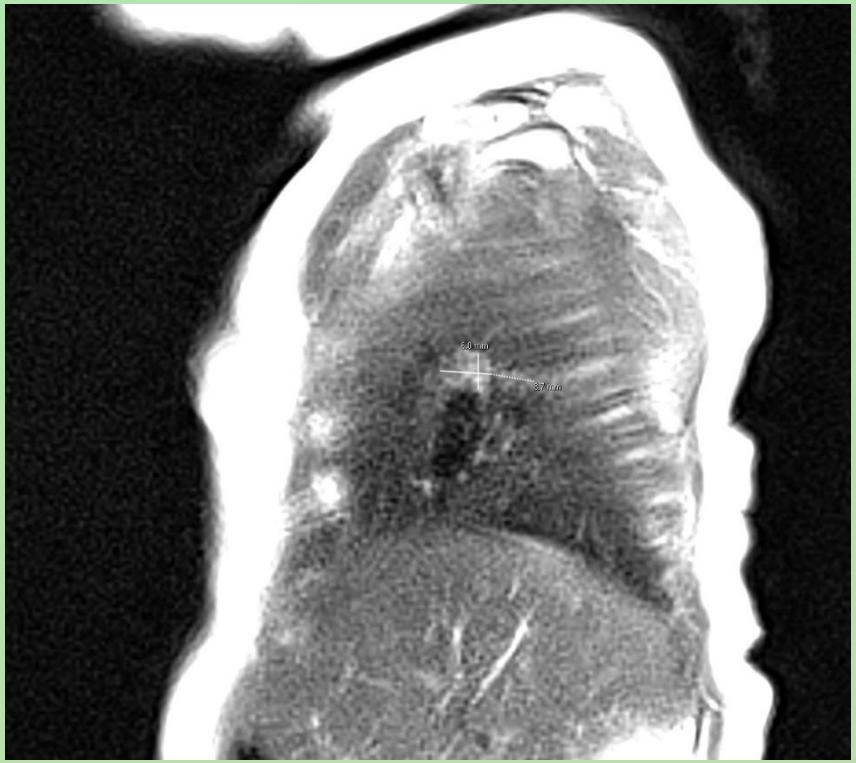
UL = upper lobe; ML = middle lobe; LL = lower lobe; LG = lingula.
Each finding was scored to be absent (0), within less than 50% of the lobe (1) or throughout more than 50% of the lobe (2).
A global score and the following subscores were defined:



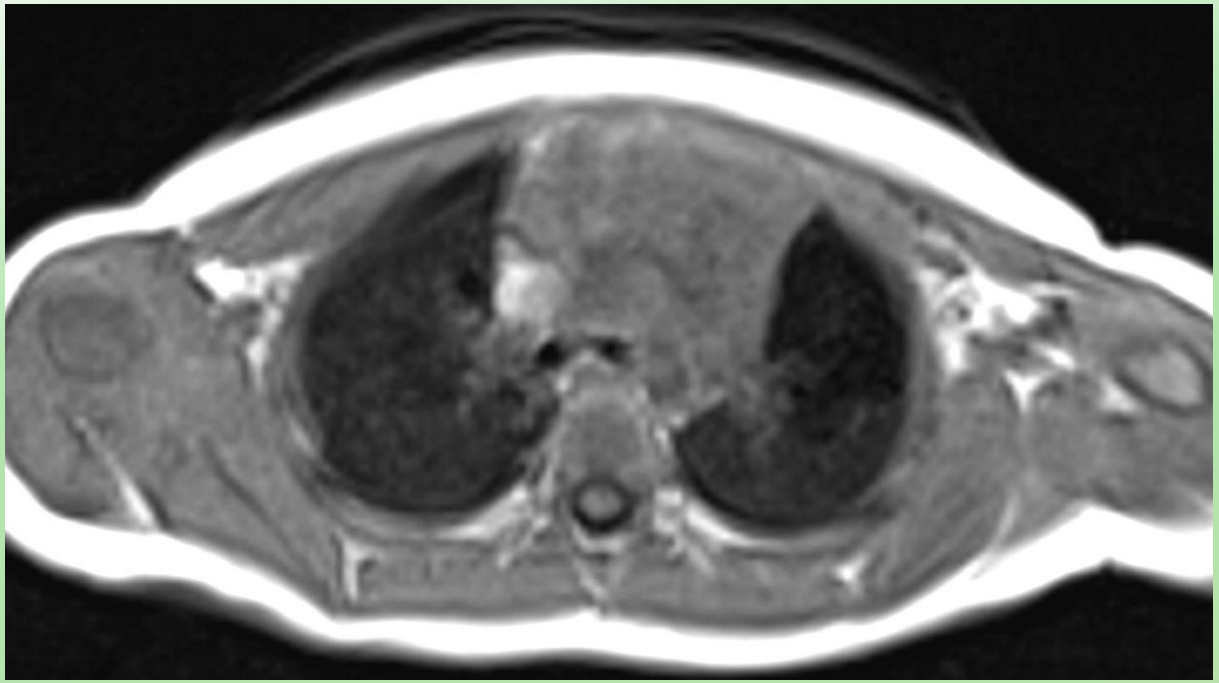
Kystinen fibroosi. Bronkiektasioita, bronkusten seinämäpaksunnosta, limatulppia ja dorsaalista konsolidaatiota. Lähde: Altes ym., 2007.

- Erityisryhmät
  - Lapset
  - Raskaana olevat
  - Toistuvasti seuratut

Pediatrisia tapauksia

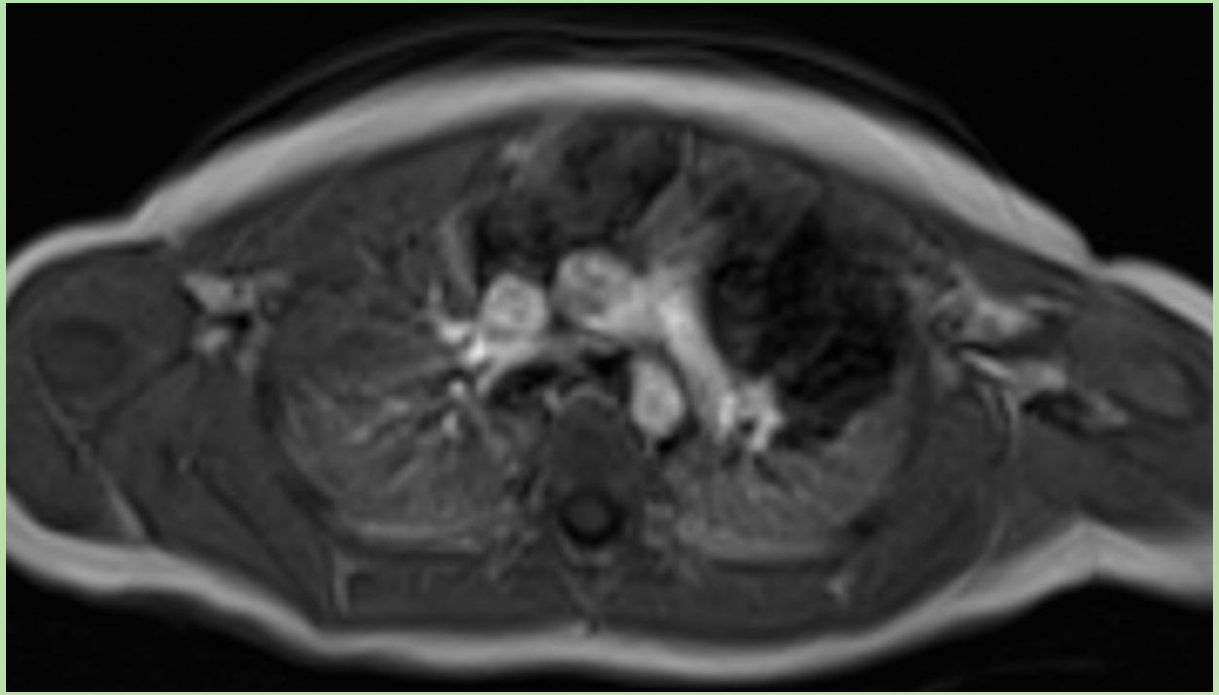


CPAM, 1 kk

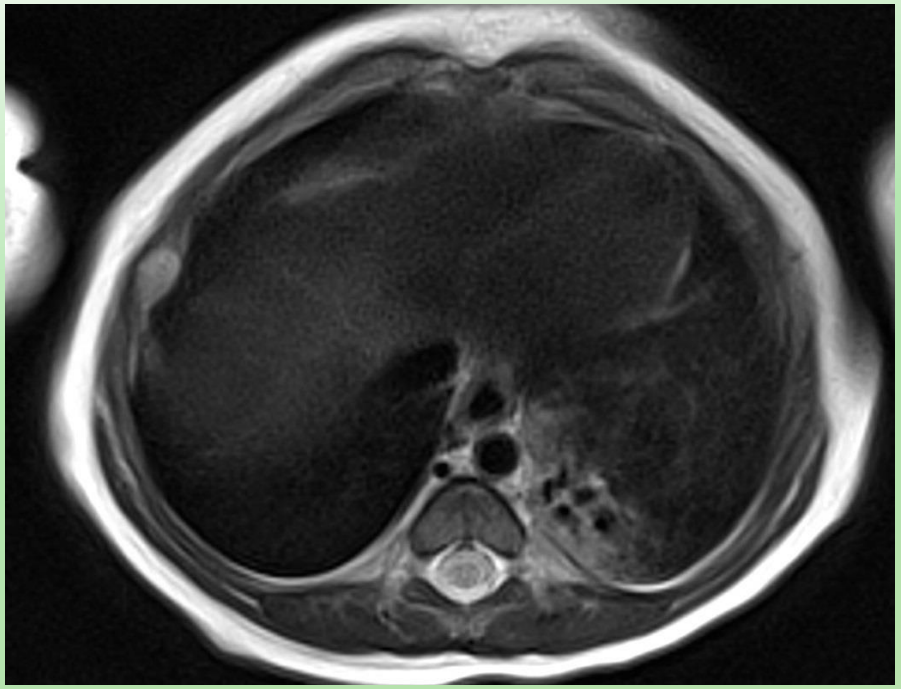


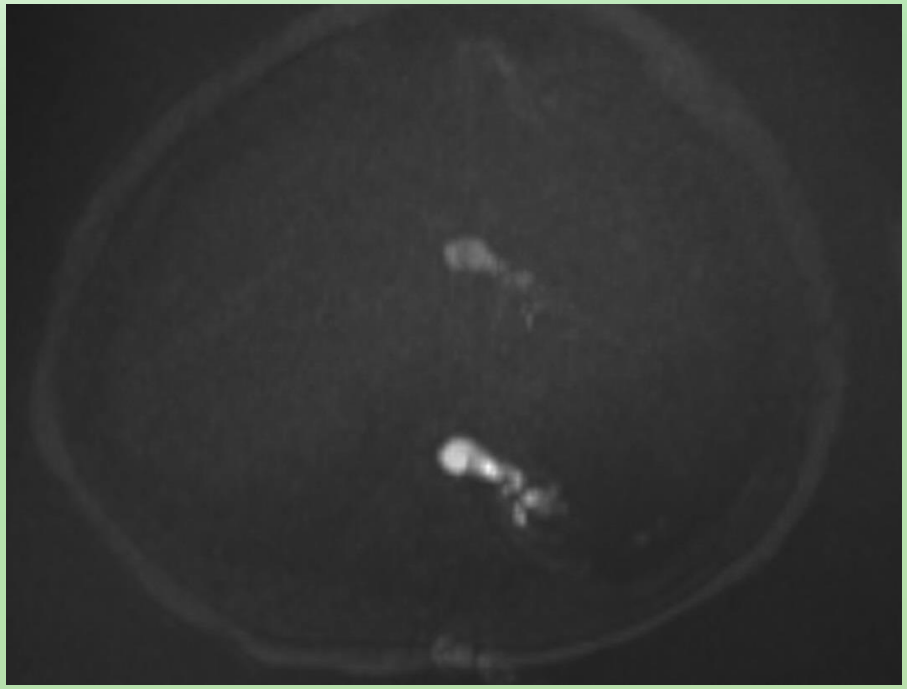
CPAM, 11 kk

Nat.

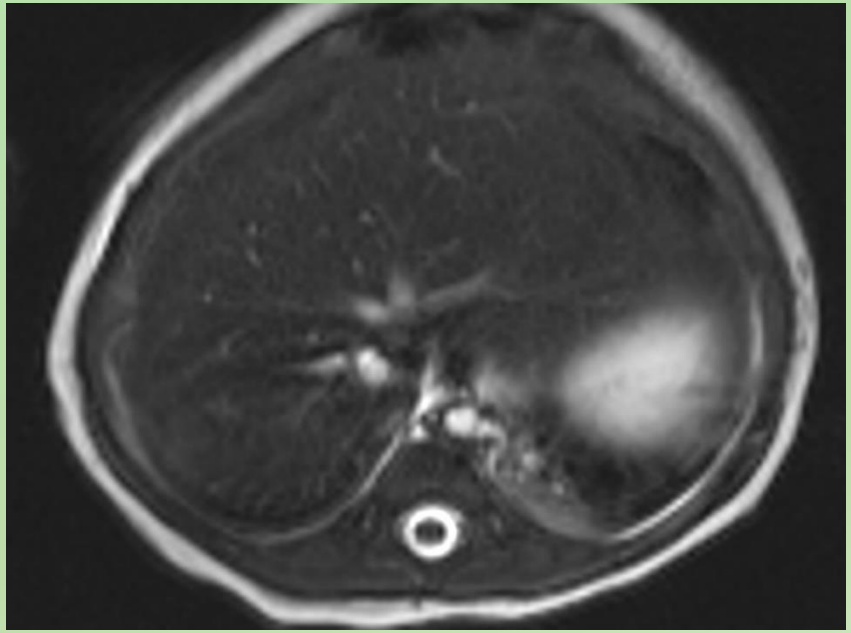


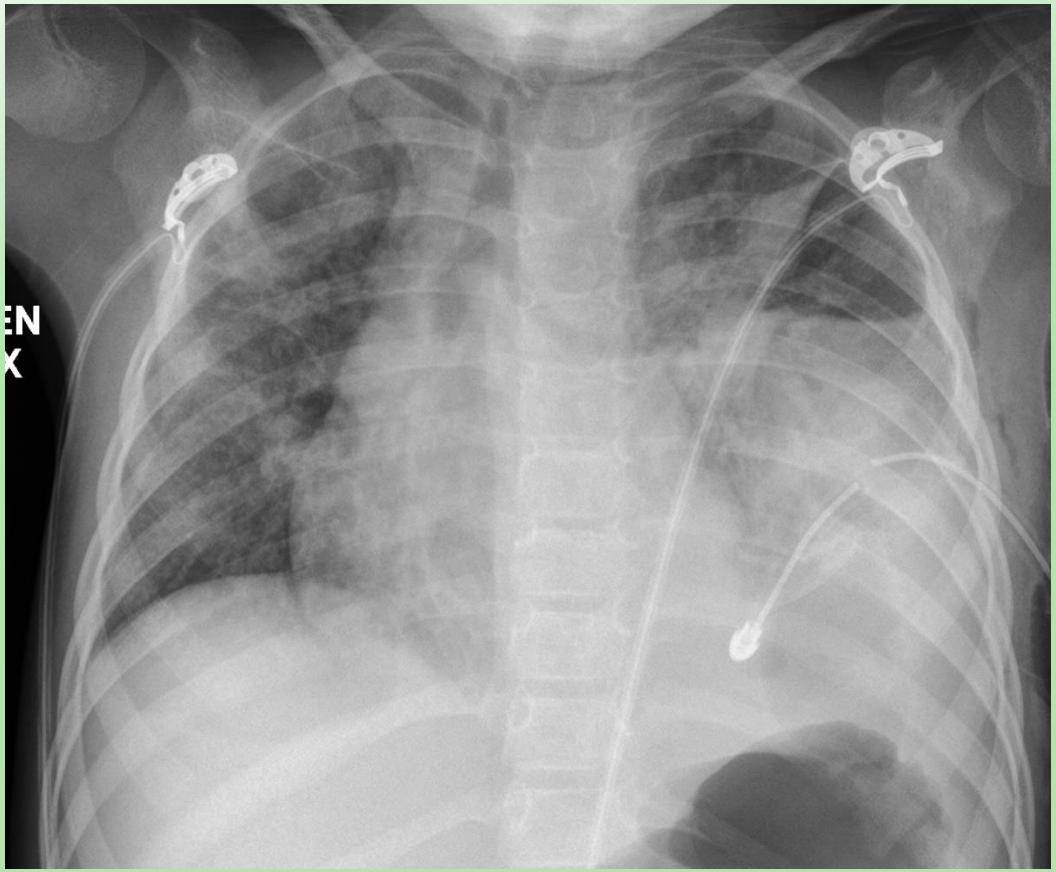
+Gd



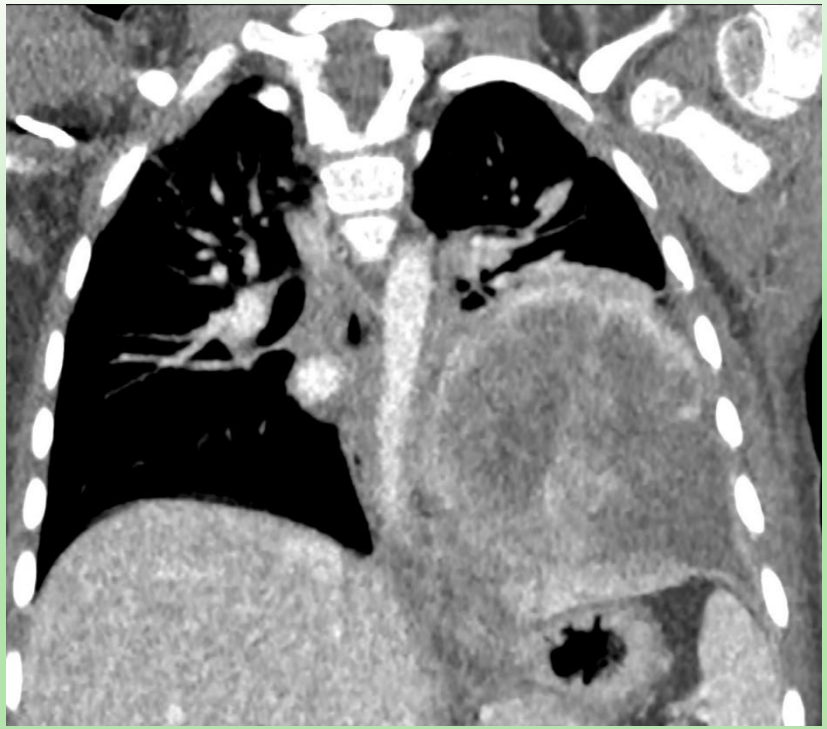
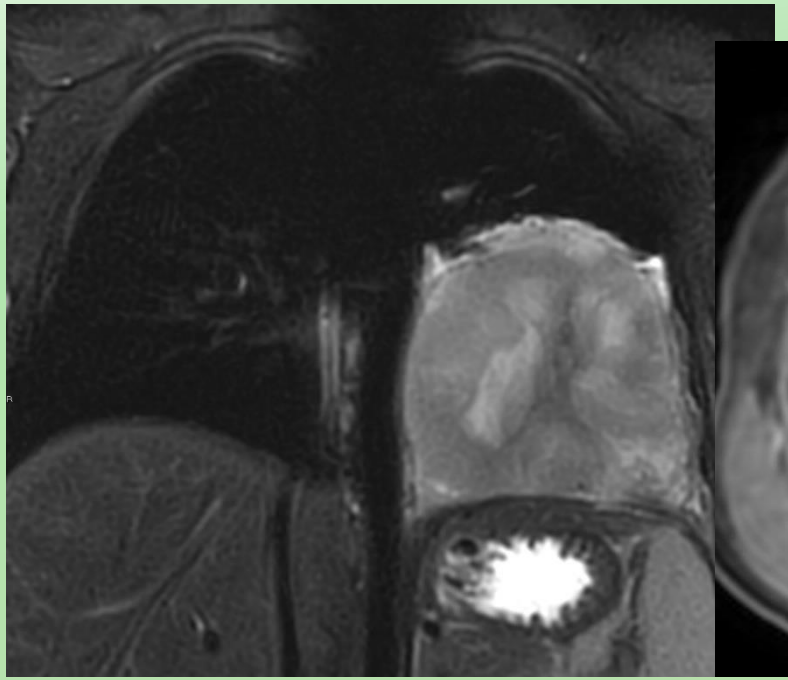
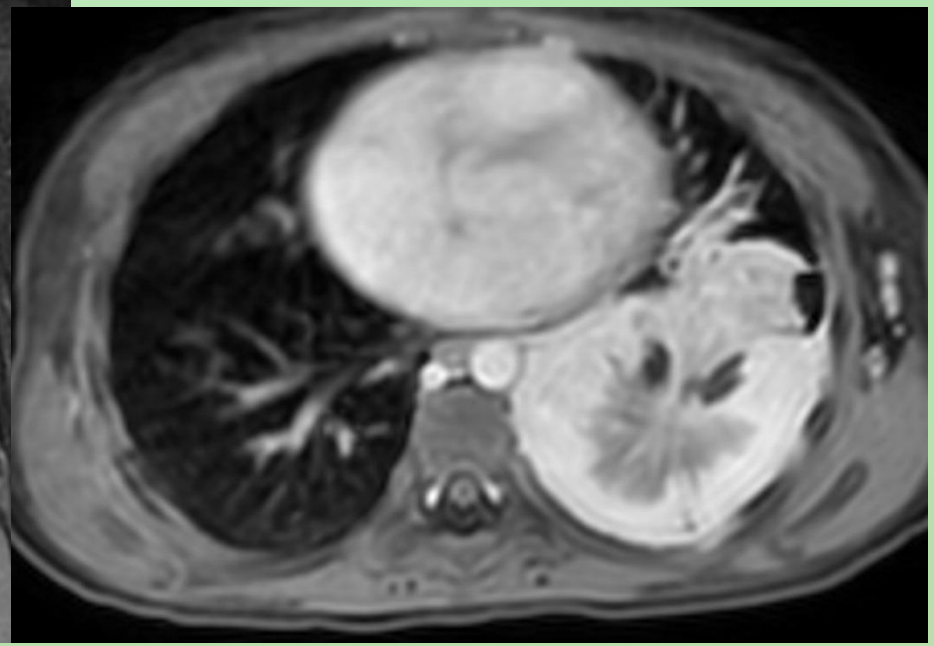


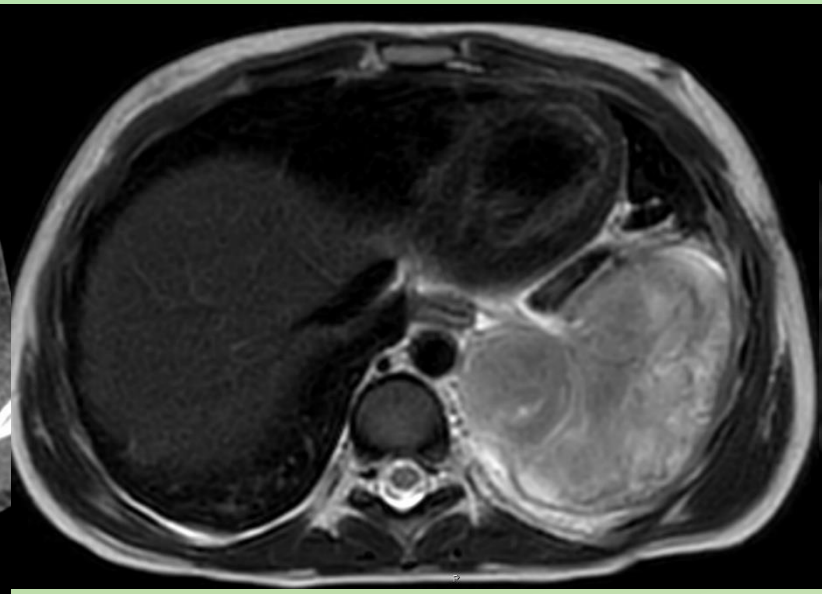
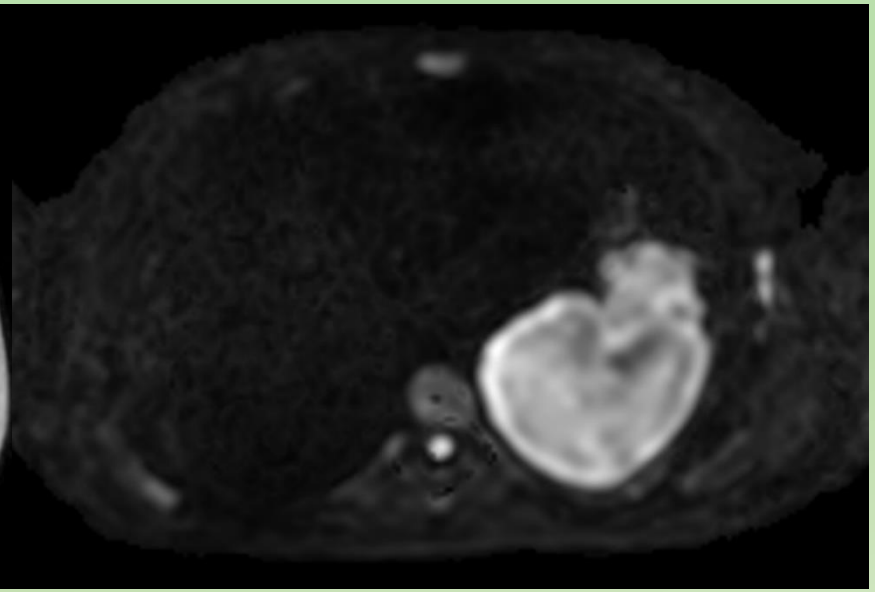
Sekvesteri/Sekvesteri-CPAM-hybridi
1kk





Pneumokokki+ pneumonia, empyeemaa
Reagoi huonosti hoitoon ainakin kuvissa, laaja tiiviys
TT ja vähän myöhemmin MK ->

- Dg biopsian ja myöhemmin koko tuumorin poiston perusteella inflammatorinen myofibroblastituumori (alias inflammatorinen pseudotuumori)

Muuta

- Vaskulaarikuvantamien
  - Kelpaa aortan aneurysmien ja dissekaatioiden diagnostiikkaan (käytännössä kuitenkin TT enemmän käytetty)
  - Sydänkuvantaminen (ei koronaarit)
  - Pulmonaarihypertensio
    - Sydämen oikean puolen kuormituksen merkit ja proksimaalisten valtimoiden dilatoituminen todettavissa myös magneetilla
  - Keuhkoembolia
    - Suuret emboliat näkyvät hyvin, mutta subsegmentaalisuonissa sensitiivisyys vain 0,55 ja teknisesti epätyydyttäviä kuvauksia lähes 20 % (meta-analyysi Zhou ym., 2015)
    - Saattaa olla vaihtoehto jos esim. jodivarjoainetta ei voi antaa

Table 1: Summary of Clinical Indications for Pulmonary MRI

Data Support Current Clinical Application	Data Promising: Further Validation or Regulatory Approval Required	Investigational
Cystic fibrosis	Pulmonary embolism	Chronic obstructive pulmonary disease
Lung cancer staging	Pulmonary parenchymal abnormalities	
Lung nodule characterization		Asthma
Pulmonary hypertension	Lung nodule detection	Interstitial lung disease

Hatabu ym., 2020. Fleischner society position paper.

UTE-MRI

Vähemmän hyviä indikaatioita ja kontraindikaatioita

- MRI näyttää huonosti kalkkisia noduksia keuhkoparenkyymissä (musta kohde mustaa taustaa vasten…)
  - Ei esim. sarkooman levinneisyysselvittelyyn
- Emfyseema ja sen kaltaiset muutokset vaikeita (”miinus-patologia”)
- Parenkyymisairauksissa toistaiseksi heikko
- Pienimmät nodulit
  - 3-4 mm ja suurempien voi realistisesti odottaa löytyvän, pienempien ei
  - Esim. sarkoidoosin keuhkomuutokset, tubi, kilpirauhassyövän metastaasit ym. miliaarisia muutoksia tuottavat taudit

- Elektroniset ja metalliset vierasesineet pitää harkita tapauskohtaisesti

  a) Kuvaus voi olla turvallinen, mutta epädiagnostinen (esim. ruuvit ja tangot selässä voivat aiheuttaa häiriötä)

  - 1,5 T laite on parempi kuin 3 T tällaisten kannalta
  - Haitan aste riippuu siitä, mistä ollaan kiinnostuneita

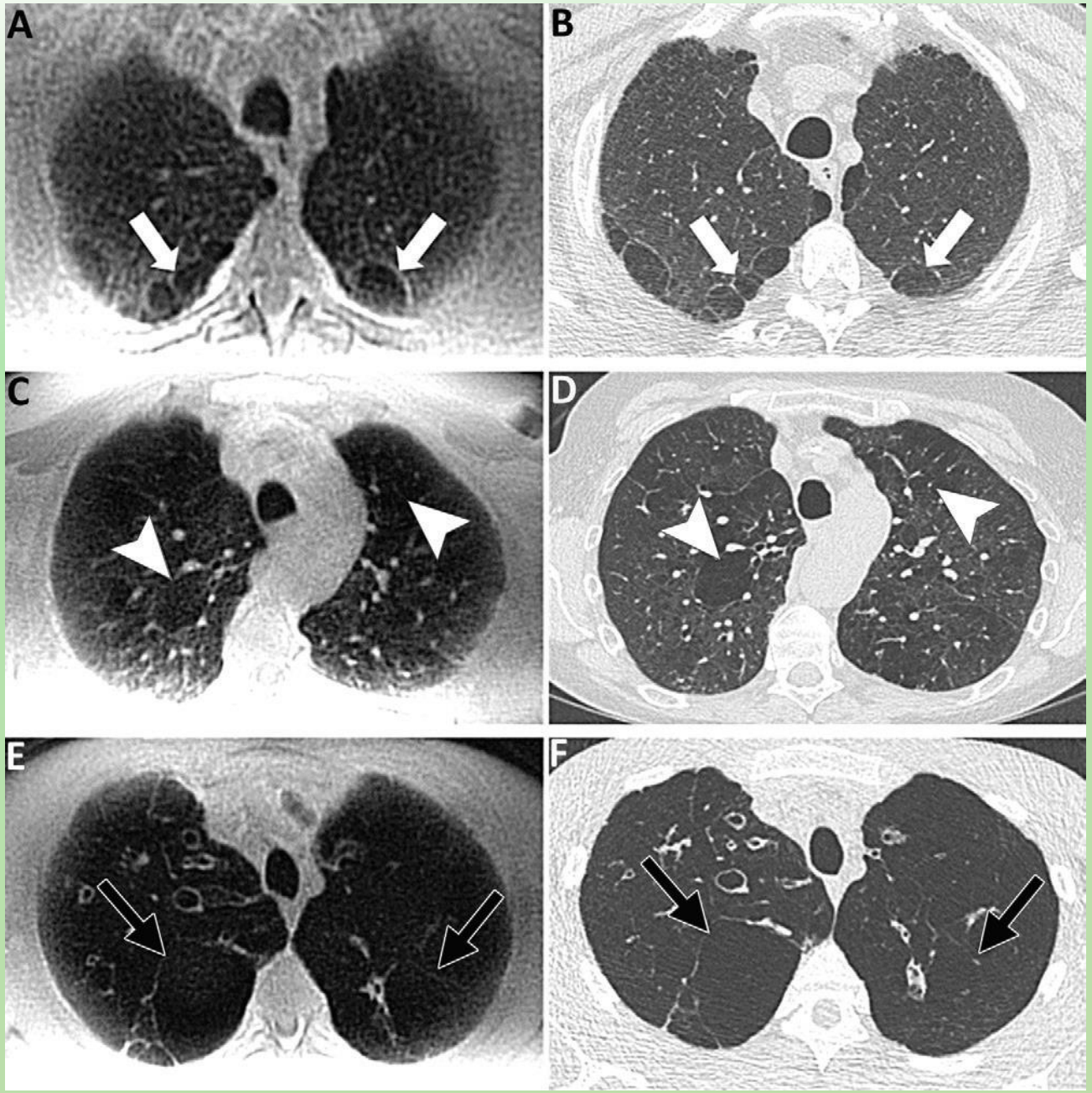
  b) Laitteen, esim. tahdistimen toimintahäiriö mahdollinen

  - Tahdistin ei kuitenkaan ole automaattinen kontraindikaatio – vaatii selvittelyä ja valmistautumista, kardiologin ja sairaalafyysikon konsultaatio

  c) Irrallisetkin tahdistinjohdot tai muu metallivierasesine voi potentiaalisesti kuumentua kuvauksessa tai liikkua mekaanisesti (jos ei ole hyvin kiinnittynyt kudokseen)

Uusia mahdollisuuksia

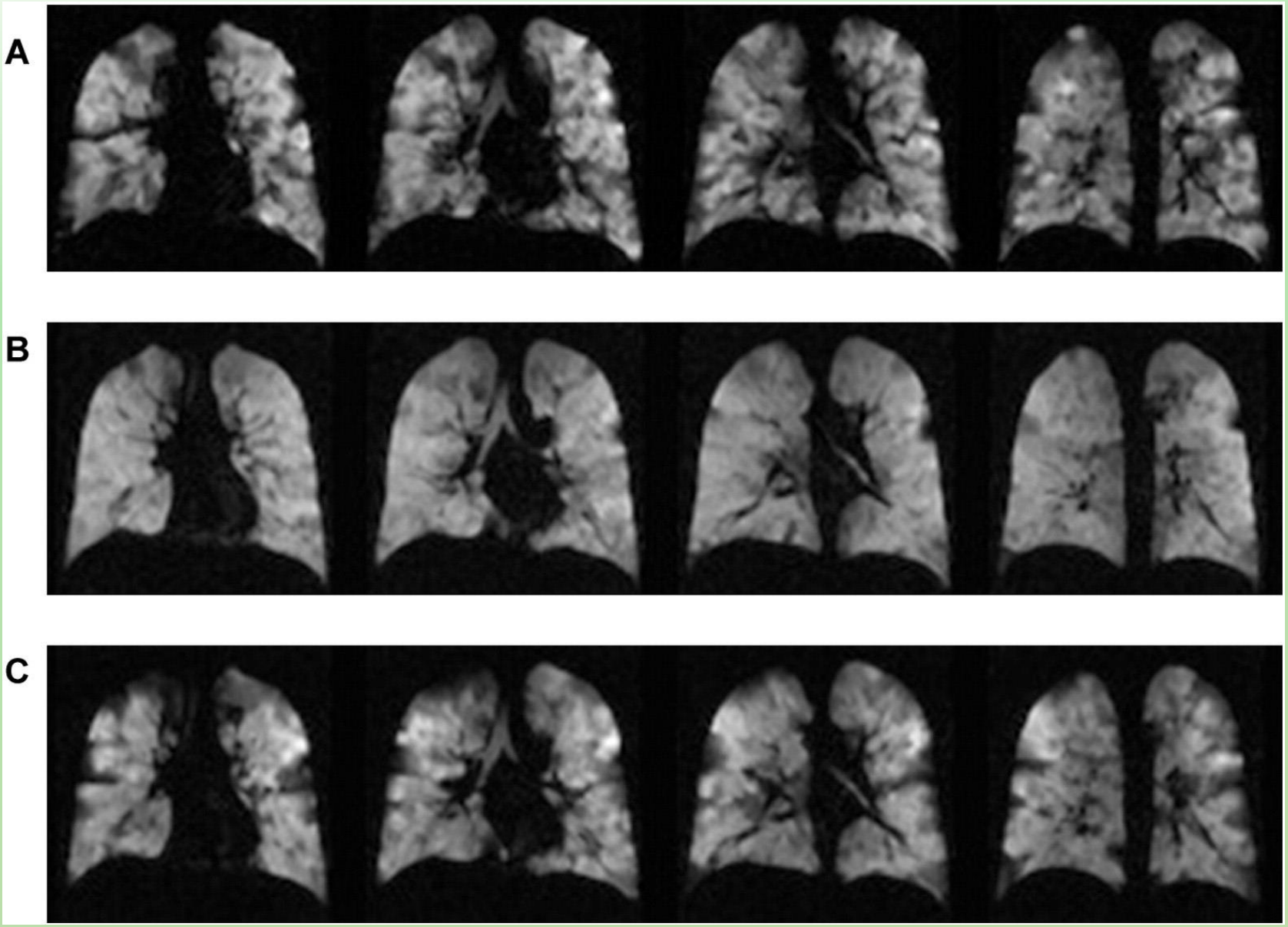
- Ultrashort echo time (UTE) MRI
- Ventilaatiokuvantaminen hyperpolarisoidun kaasun avulla
- Kvantitatiivinen perfuusiokuvantaminen, dynamic contrast enhanced (DCE) MRI



Benlala ym., 2019.
UTE MRI & CT in COPD

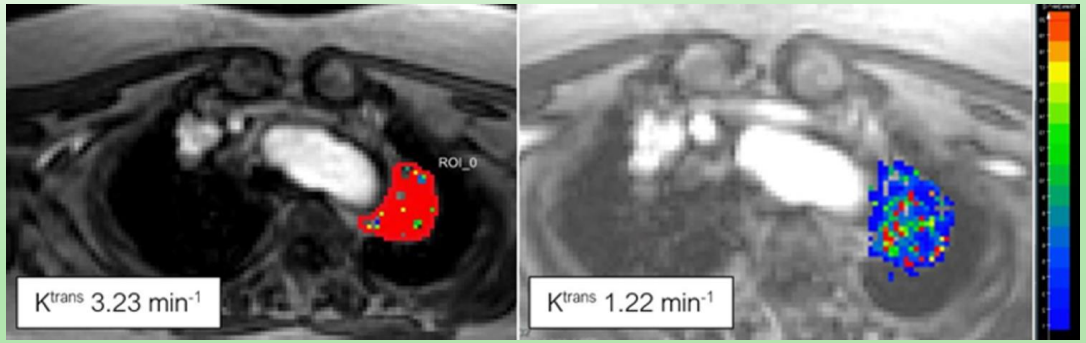
TE << 1 ms (tavallisesti luokkaa 1–100)

Enemmän signaalia keuhkoista

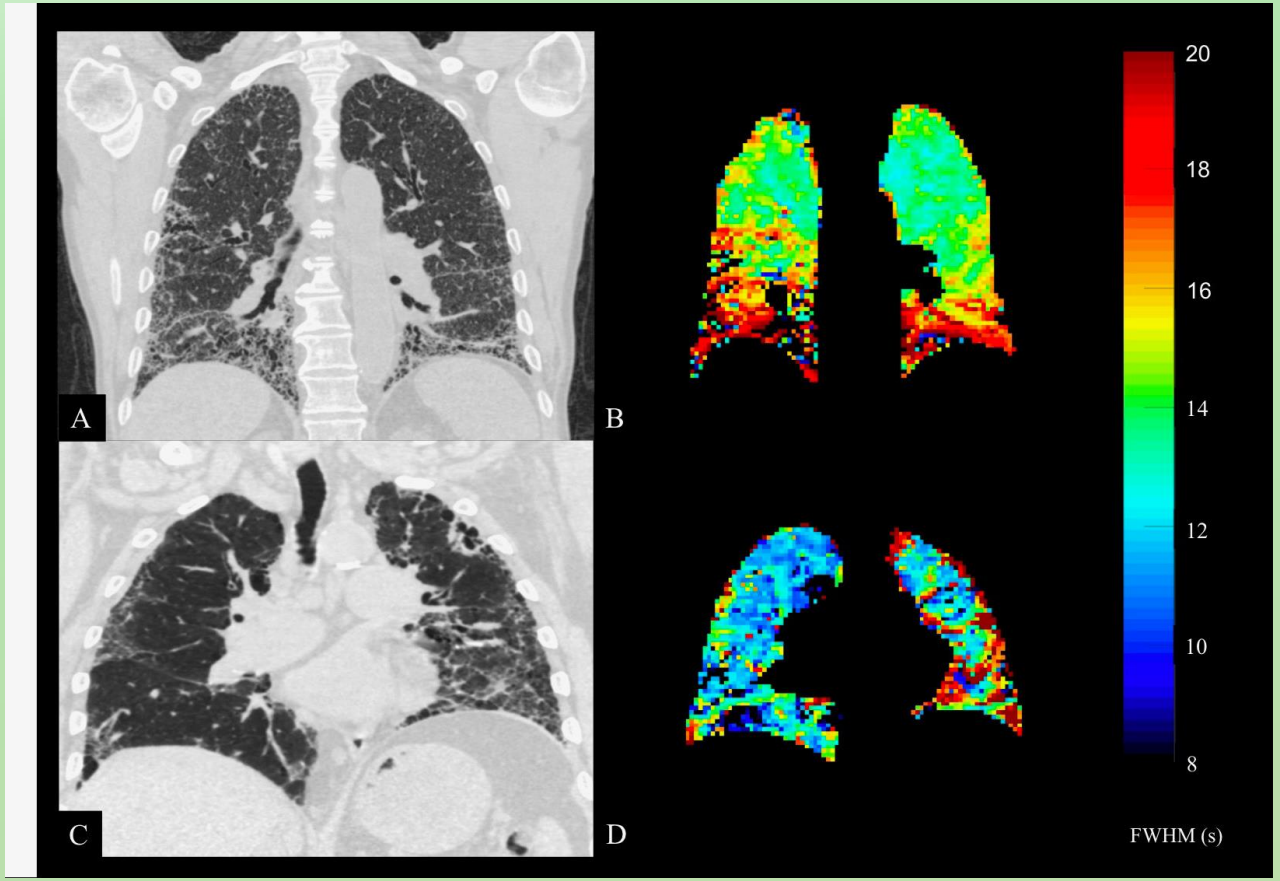


Altes ym., 2016.
Kystinen fibroosi,
A = baseline
B = 4 vko ivakaftori-hoidon jälkeen
C = 2 vko placebo-washoutin jälkeen.

Tässä inhaloitu ^{3}He,
myös ^{129}Xe käytetty.



Weber ym., 2022. Ei-pienisoluisen keuhkosyövän perfuusin lasku hoidon jälkeen.



Weatherley ym., 2019. IPF ja hidastunut perfuusio fibroottisilla alueilla.

Yhteenveto

- MK on hyvä vaihtoehto keuhkojen ulkopuolisissa kudoksissa ja ns. plus-patologiassa
  - Esim. mediastinumin massat, abskessit, invaasio…
- Keuhkoparenkyymin sairauksissa (etenkin jos muutokset < 3-4 mm tai ns. miinus-patologiaa) häviää nykyisellään TT:lle
  - Kystisen fibroosin pitkäaikaisseurannassa kuitenkin käytetty
  - UTE-MRI jatkossa kovempi kilpailija
- Hyötyjä esim. ionisoivan säteilyn puute – lapset ja nuoret, seulonta, seuranta, raskaana olevat
- Soveltuvuus riippuu myös paikallisista resursseista ja käytännöistä

Lähteitä

- Kauczor & Wielpütz toim., MRI of the lung, 2. painos 2018, Springer.
- Chernoff & Stark, 2022. Magnetic resonance imaging of the lung. UpToDate, haettu 13.3.22.
- Hatabu ym., 2020. Expanding applications of pulmonary MRI in the clinical evaluation of lung disorders: Fleischner society position paper. Radiology 297: 286–301.
- Serai ym., 2021. Pediatric lung MRI: Currently available and emerging techniques. AJR 216: 781–790.
- Biederer ym., 2017. Screening for lung cancer: Does MRI have a role? EJR 86: 353–360.
- Carter ym., 2017. MR imaging of mediastinal masses. Top Magn Reson Imaging 26: 153–165.
- Hirsch ym., 2020. The current status and further prospects for lung magnetic resonance imaging in pediatric radiology. Ped Rad 50: 734–749.
- Carter ym., 2018. MR imaging of pleural neoplasms. Top Magn Reson Imaging 27: 73–82.
- Sheikh ym., 2016. This is what COPD looks like. Respirology 21: 224–236.
- Ohno ym., 2018. MRI for solitary pulmonary nodule and mass assessment: current state of the art. J Magn Reson Imaging 47: 1437–1458.
- Benlala ym., 2019. Automated Volumetric Quantification of Emphysema Severity by Using Ultrashort Echo Time MRI: Validation in Participants with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Radiol 292: 216–225.
- Altes ym., 2007. Magnetic Resonance Imaging of the Lung in Cystic Fibrosis. Proc Am Thorac Soc 4: 321-327.
- Altes ym., 2016. Use of hyperpolarized helium-3 MRI to assess response to ivacaftor treatment in patients with cystic fibrosis. J Cyst Fibros
- Zhou ym., 2015. Diagnostic performance of magnetic resonance imaging for acute pulmonary embolism: a systematic review and meta-analysis. J Thromb Haemost 13: 1623-34.
- Weber ym., 2022. Reproducibility of dynamic contrast enhanced MRI derived transfer coefficient Ktrans in lung cancer. PLoS One.
- Watherley ym., 2021. Quantification of pulmonary perfusion in idiopathic pulmonary fibrosis with first pass dynamic contrast-enhanced perfusion MRI. Thorax 76: 144-151.
- Eichinger ym., 2012. Morphologic and functional scoring of cystic fibrosis lung disease using MRI. EJR 81: 1321-1329.