

Aivojen kuvantaminen

Aki Ikonen

Neuroradiologi

KSKS

Lääketieteellinen kuvantaminen ?

- Erikoisaloja
 - Radiologia ja kliininen fysiologia
- Anatomian ja patologian kuvantaminen
- Elimistön toiminnan kuvantaminen
 - Lääketieteen erikoisalojen raja hämärtyy, PET CT-MRI

Aivot

- Cerebrum I. isot aivot
 - Oikea ja vasen hemisfääri I. lohko
 - Frontaalilohko
 - Temporaalilohko
 - Parietaalilohko
 - Okkipitaalilohko
 - Basaalitumakkeet
 - Corpus Callosum
- Cerebellum I. pikkuaivot
 - Oikea ja vasen lohko I. hemisfääri
 - Vermis

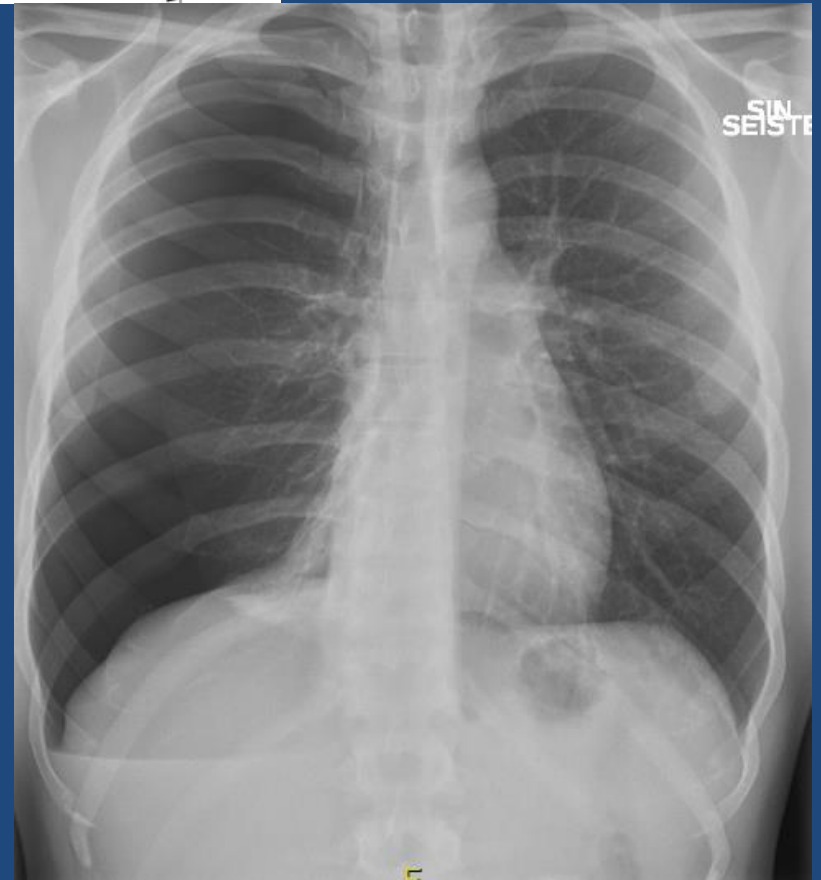
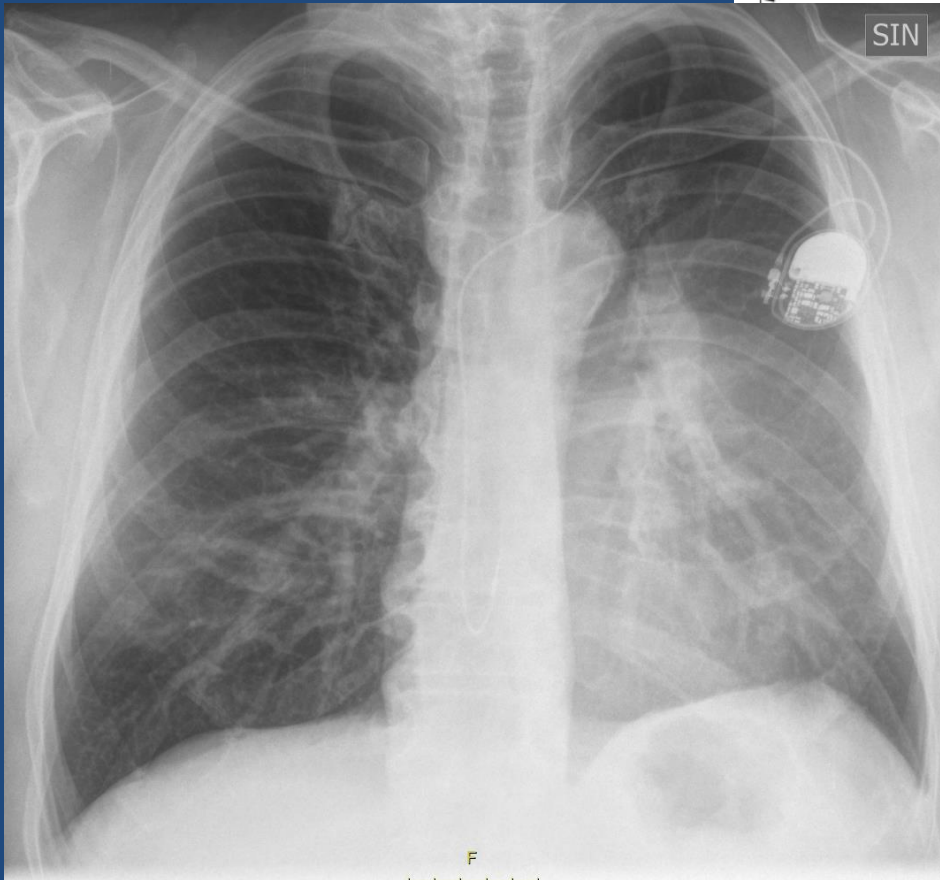
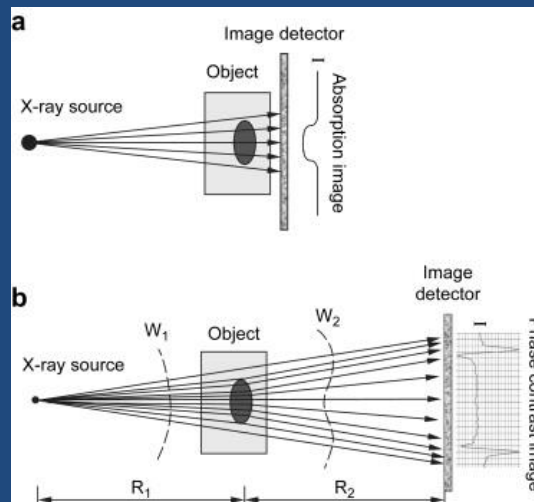


Laitteet

- Natiivi RTG/plain x-ray
- **CT**
- UÄ/US
- MRI
- Fuusiokuvantaminen
 - PETCT
 - PETMRI

Natiivi RTG

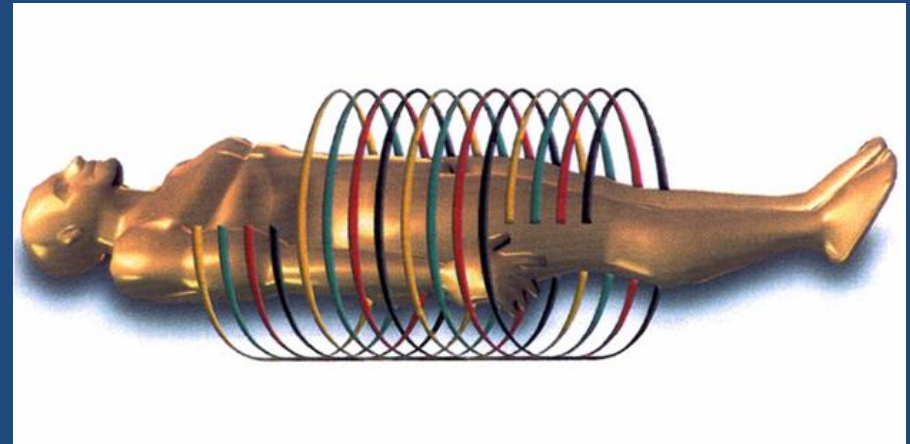
- Ionisoiva säteily
– haitallista



Tietokonetomografia (TT) / computed tomography (CT)

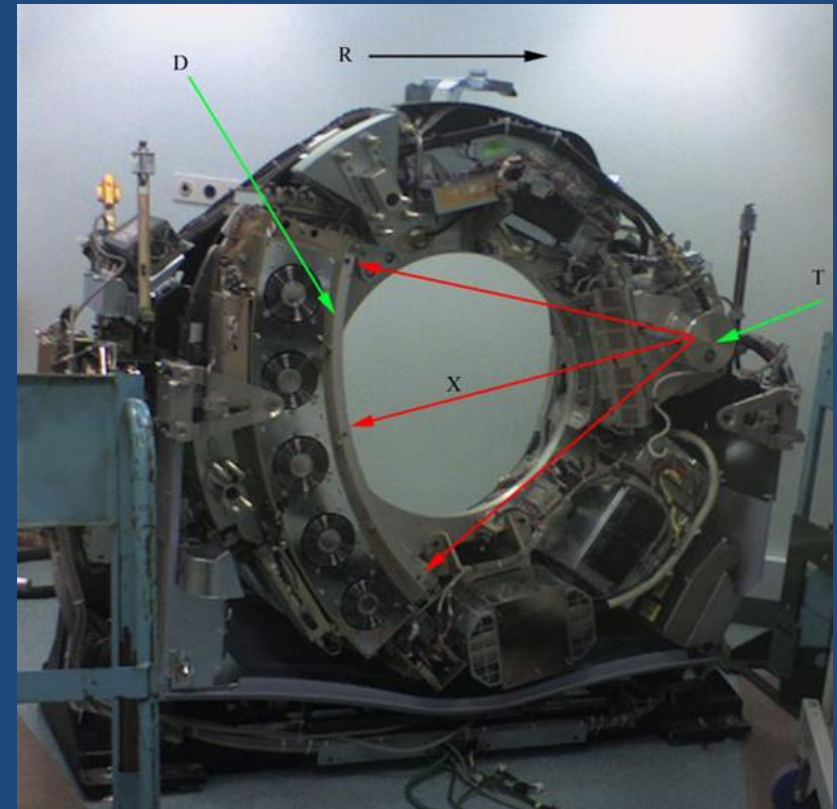
- The patient lies on a mechanical table that slowly moves through a doughnut-shaped scanner. Inside the scanner, an x-ray emitter rotates around the patient in the axial plane. On the opposite side of the patient, 180 degrees from the emitter, electronic x-ray detectors receive the x-ray beam and calculate how much of the beam was transmitted and how much was absorbed by the patient. The computer calculates the x-ray absorption of each voxel within the slice and assigns it a **numeric value**.

(Radiology Secrets Plus, Third Edition Pretorius, E. Scott, MD Copyright © 2011, 2006, 1998 by Mosby, Inc., an affiliate of Elsevier Inc.)

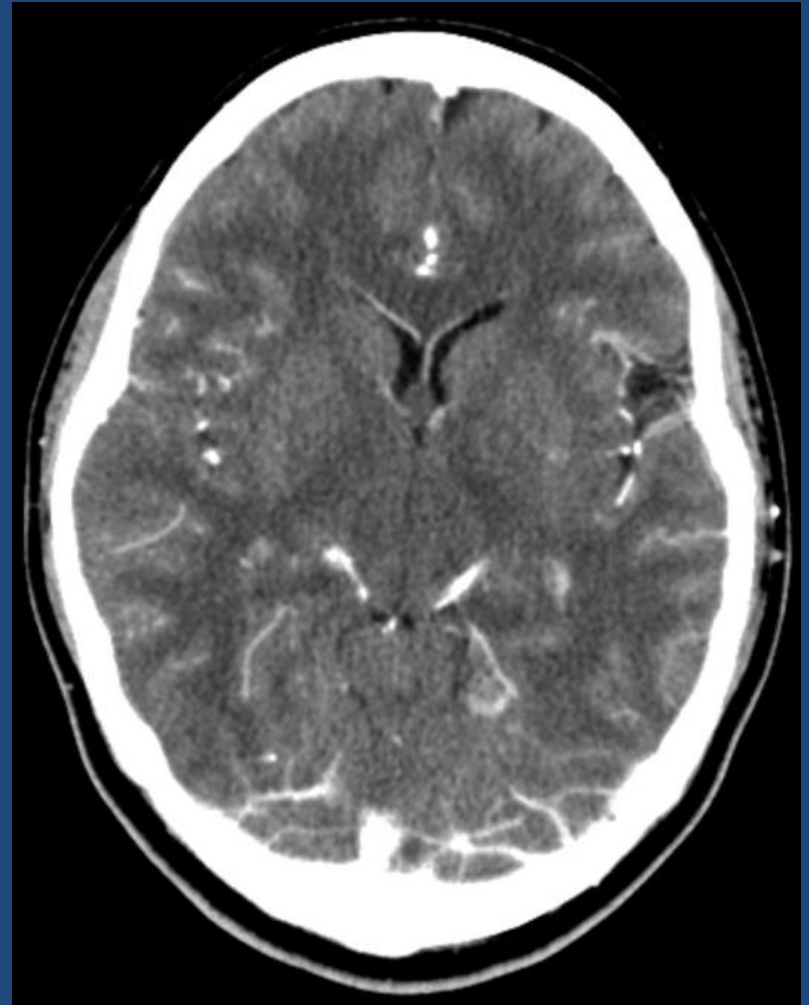


CT

- Ionisoiva säteily
 - haitallista
- Spiraalikuvaus /spiral imaging
- Multidetektori/multidetector
 - 4-256 detektoria rivissä

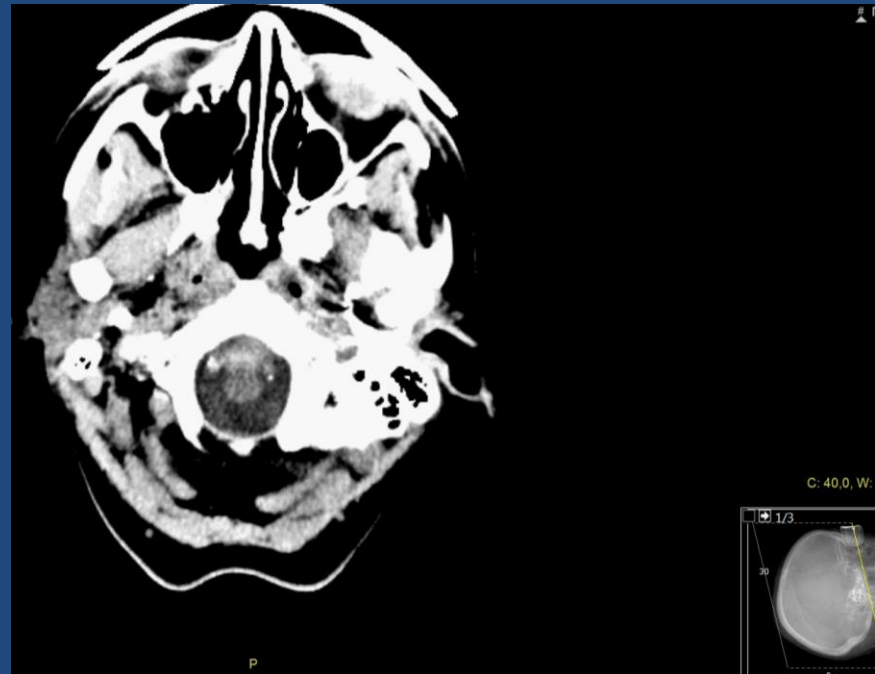


CT



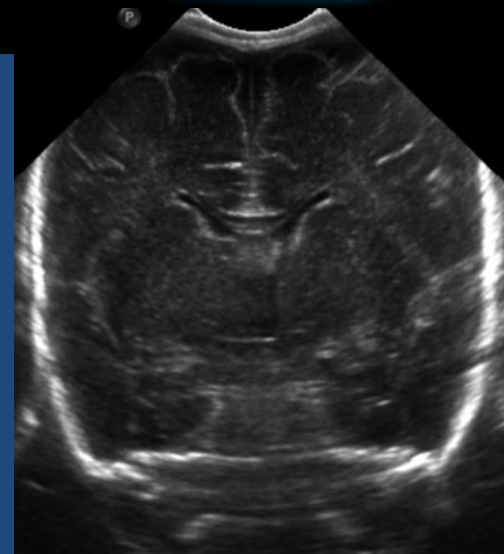
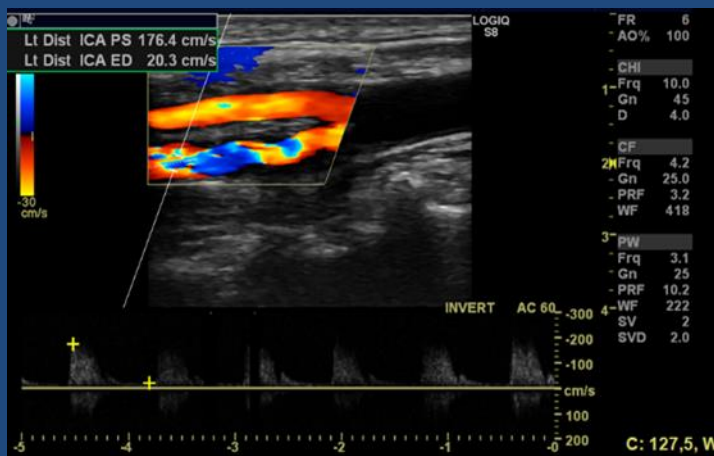
CT

- Pro
 - Halpa
 - Helppo tulkita
 - Saatavilla
 - Hinta
- Con
 - Säderasitus
 - Kudskontrasti varauksin



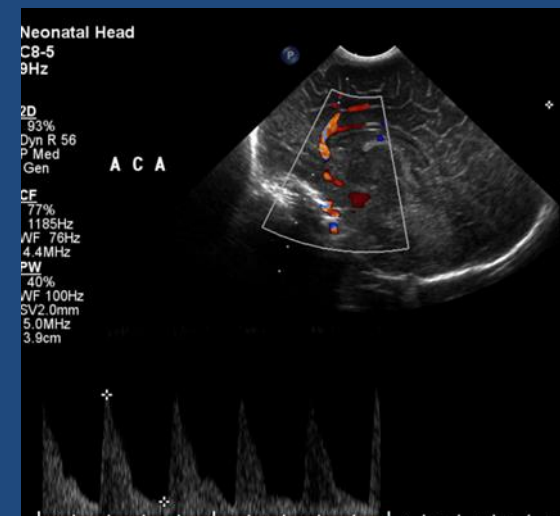
Ultraääni (UÄ)/Ultrasound (US)

- US is an imaging technique that uses sound waves, generally in the range of 2 million to 20 million cycles per second (2 to 20 MHz), much greater than the frequencies audible to humans or animals. A hand-held transducer is applied to the body. This transducer sends US waves into the body and receives reflected sound waves. The transducer's information is communicated via cable to the US scanner, and the data are rendered on a monitor. (Radiology Secrets Plus, Third Edition Pretorius, E. Scott, MD Copyright © 2011, 2006, 1998 by Mosby, Inc., an affiliate of Elsevier Inc.)



UÄ/US

- Pro
 - Halpa
 - Helppo
 - Haitaton
- Con
 - Fontanellit sulkeutuvat 9-18 kk iässä
 - Tekijäriippuvuus
 - Penetraatio



MR, Magnetic Resonance Imaging

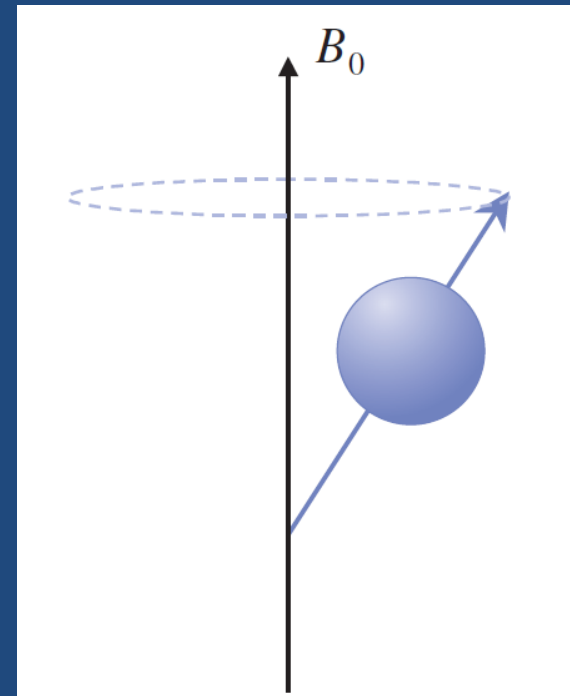
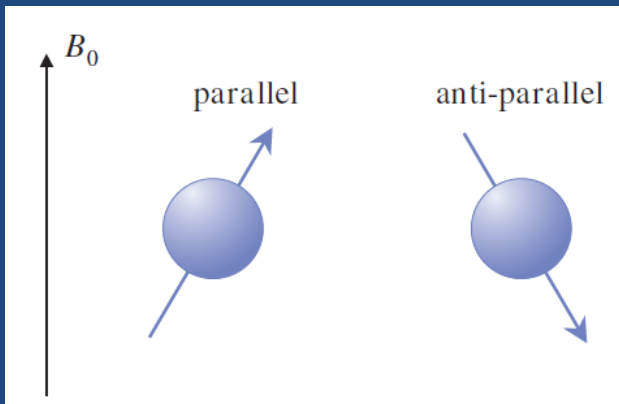
- The patient is placed in a scanner that generates a very strong magnetic field (Fig. 2-4). Hydrogen nuclei have a net magnetic moment and behave like little magnets, aligning themselves either parallel (spin up) or antiparallel (spin down) with the magnetic field. Radiofrequency waves are pulsed in, which scatter the hydrogen nuclei in all directions. When the radiofrequency pulse is stopped, the hydrogen nuclei tend to realign themselves along the magnetic field, but this occurs at different rates in different tissues. These differential relaxation rates are used to create the MR

image. (Radiology Secrets Plus, Third Edition Pretorius, E. Scott, MD Copyright © 2011, 2006, 1998 by Mosby, Inc., an affiliate of Elsevier Inc.)



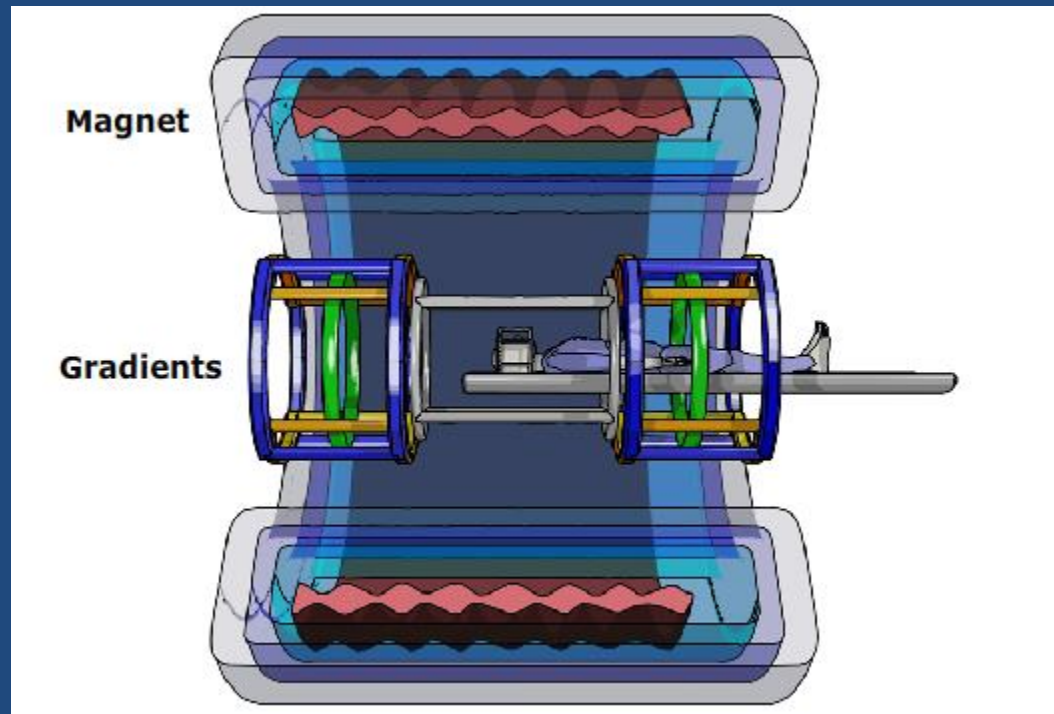
Spin

- Hiukkasen ominaisuus
 - Protoni MRI:ssä
- Normaalisti osoittavat satunnaisiin suuntiin
- Asettuvat ulkoisessa magneettikentässä suuntaisesti tai sitä vasten

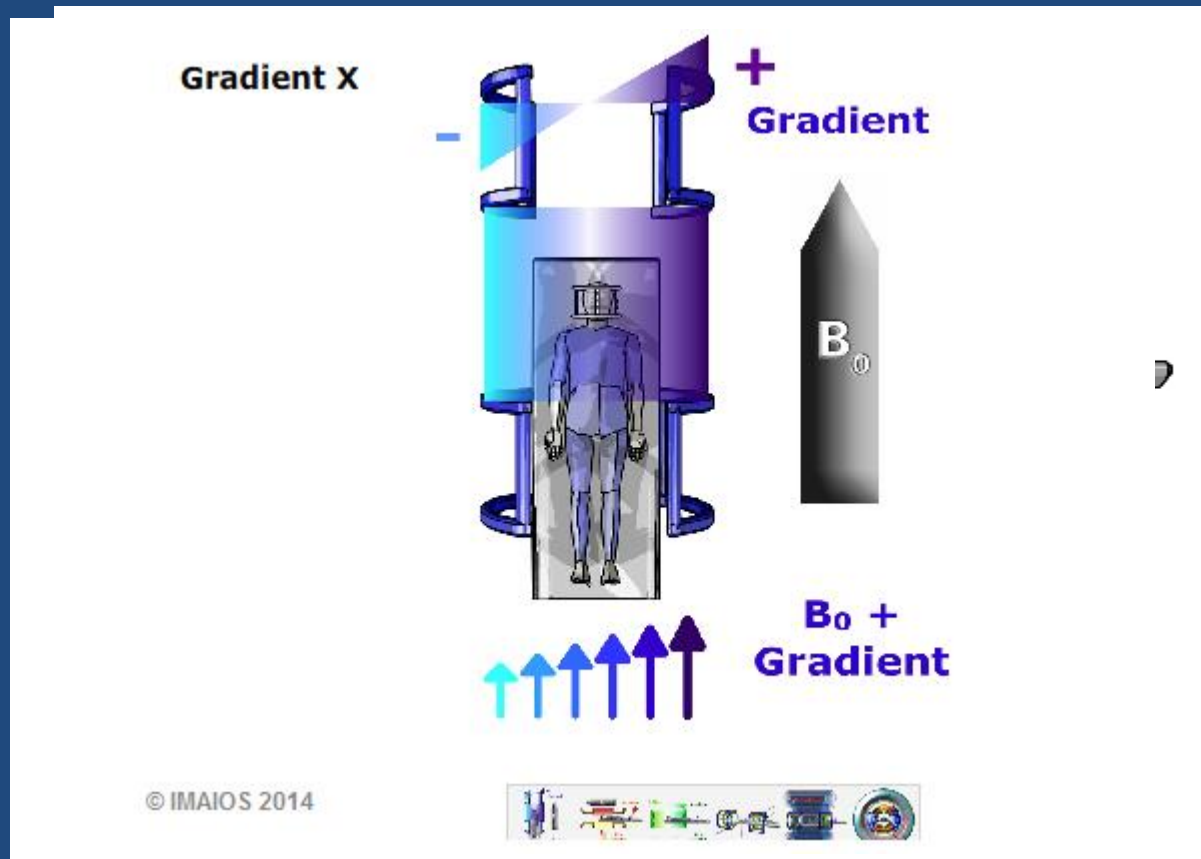


Magneetin rakenne

- Sähkövirta aiheuttaa magneettikentän
- Nestemäinen helium n. -269°C (eli 4 K)
- Suprajohtavuus
- Tyhjiöllä pidetään kylmänä

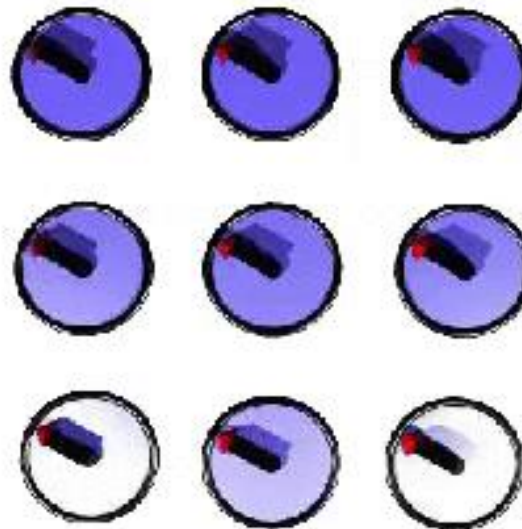
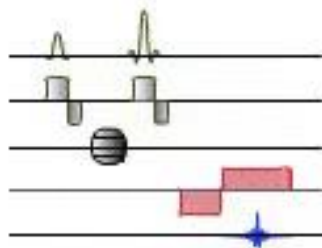


Gradienttikelat



X-suunnan taajuuskoodaus

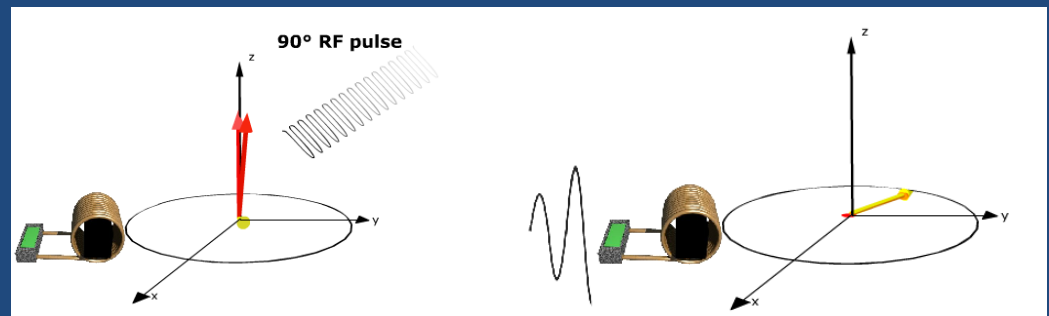
Press the blue button to apply the frequency encoding gradient



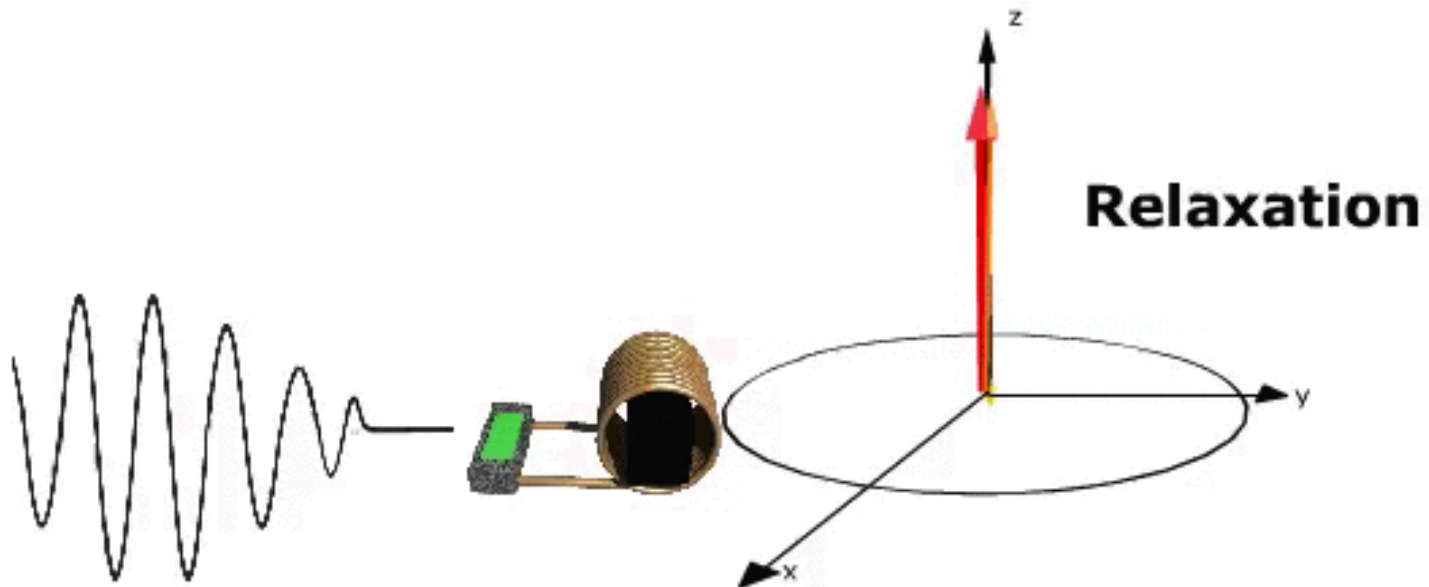
© IMAIOS 2014

MRI

- Larmor-taajuus
 - Riippuu magneettikentän voimakkuudesta B_0
 - Ytimen ominaisuuksista, eli meillä käytössä vety
- Virituspulssin tyyppi määräytyy pulssin kestolla
 - 90 asteen pulssi
 - 180 asteen pulssi

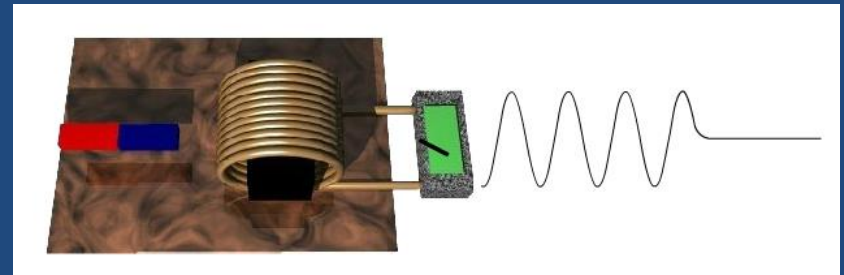
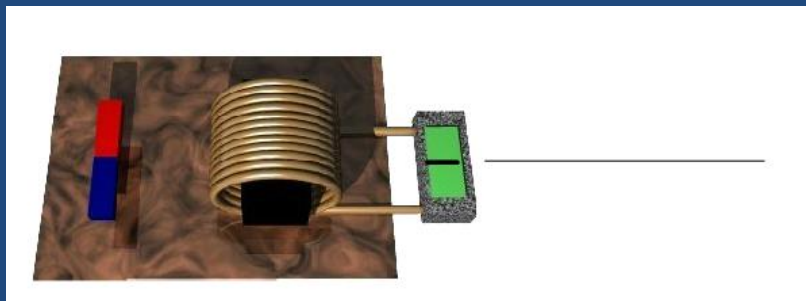


90° virityspulssi ja relaksaatio

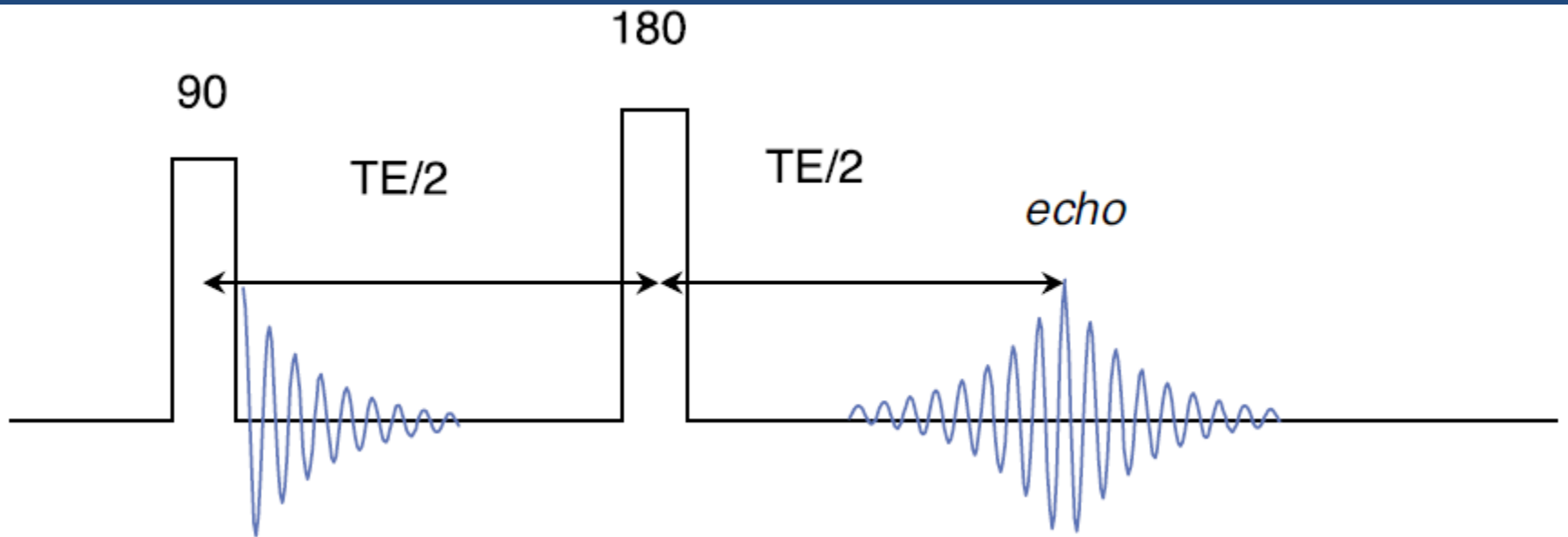


RF eli radioaallot

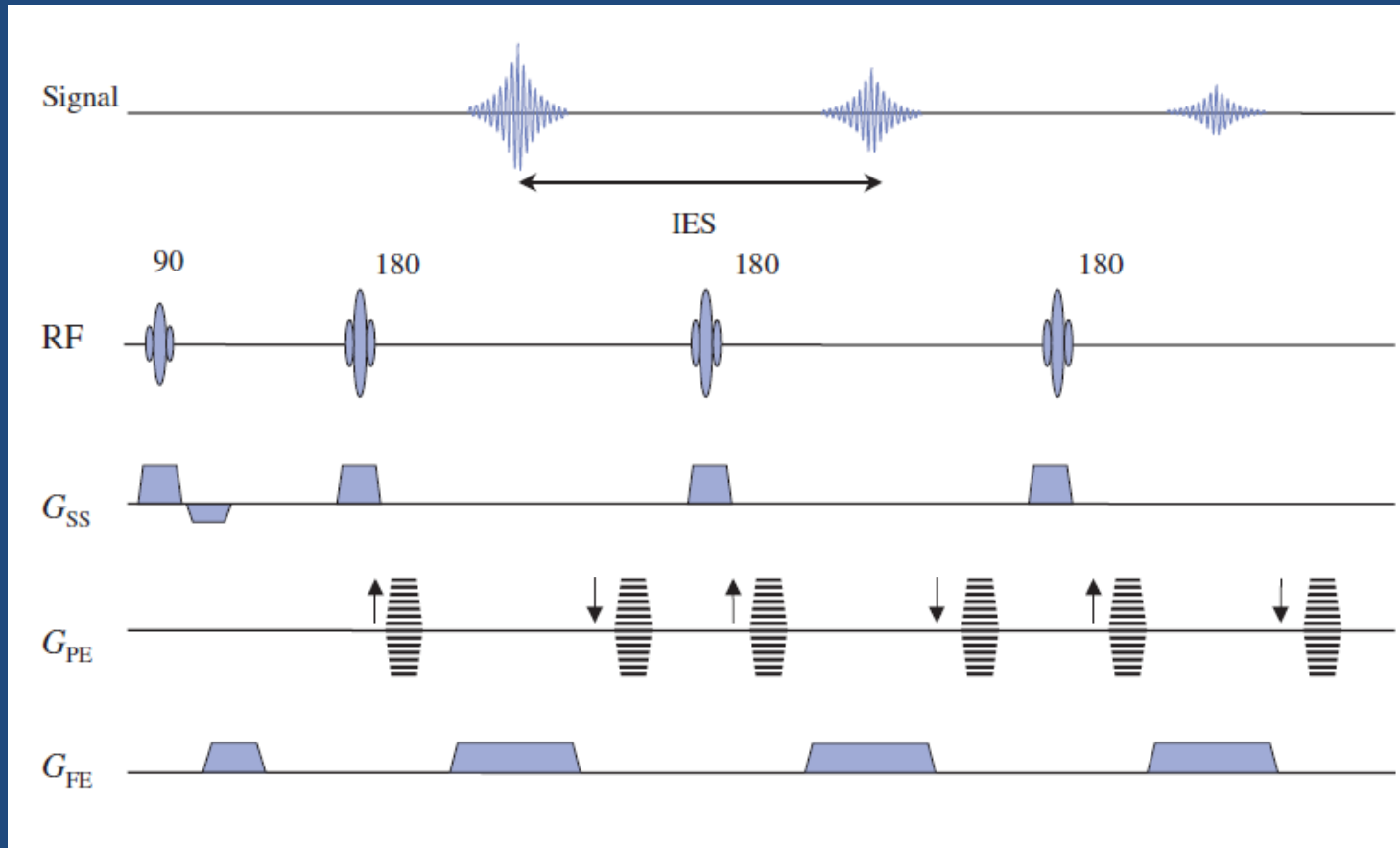
- Potilaassa olevien vety-ytimien virittämiseen tarvitaan radioaaltoja
- Osa keloista toimii lähettiminä ja vastaanottimina
- Yleensä body-kela lähettää ja muilla vastaanotetaan



Spin-echo (SE) eli spin kaiku

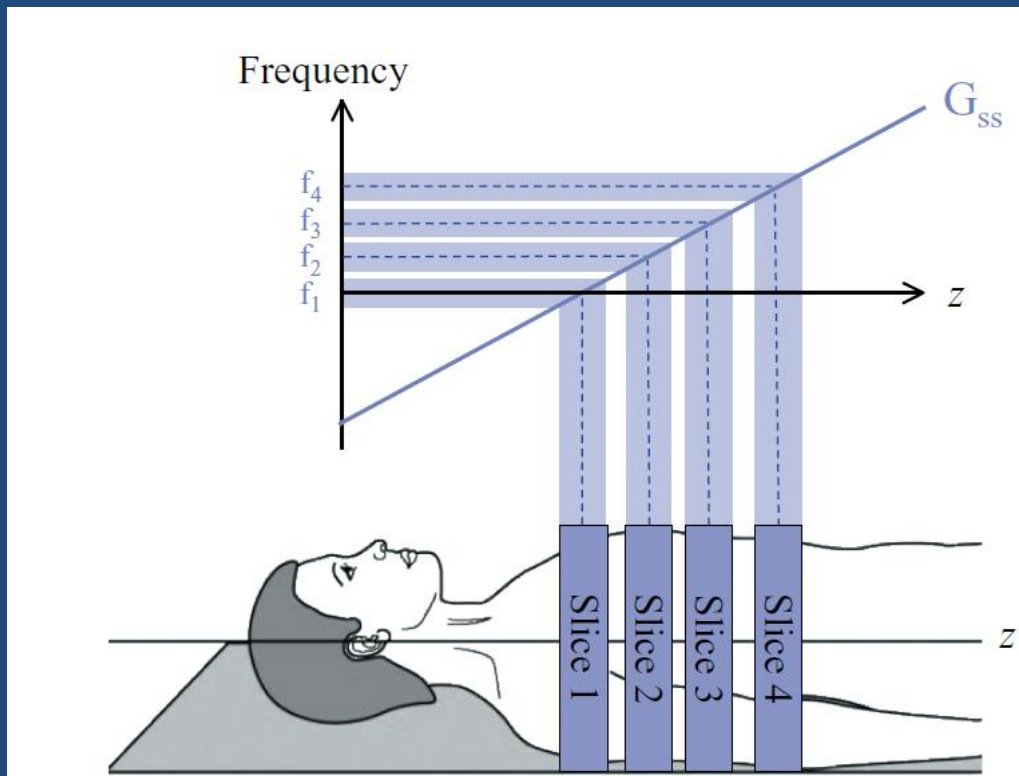


Fast spin echo (FSE)



Mitä niillä signaaleilla tehdään?

- Z-suuntainen leikkeen valinta



Esimerkkikuvia

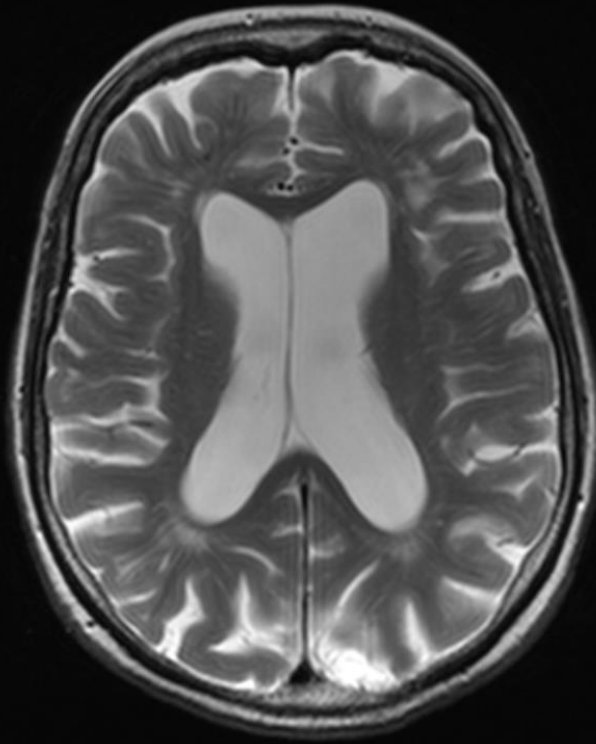
- T1-painotteinen kuva
- SpinEcho-sekvenssissä TE ja TR lyhyitä:
TE < 40 ms
TR < 750 ms



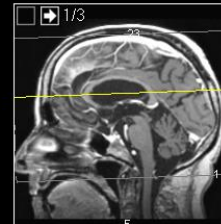
Esimerkkikuvia

Sequence: *tse2d1_11
Leike: 5 mm
Dist: 6,5 mm
TR: 4490
TE: 99
AC: 2

Kuvaus: AIVOT^aivot / T2 tra
AIVOT^aivot
T2 tra
Algo1 1/3
μAs
Potilaan paino:64
▴ ▢ ▣



13:17
Pos: HFS
Series: 2
Kuva 14/23
Keski-Suomen keskussairaala
26.04.2014, 13:17:41



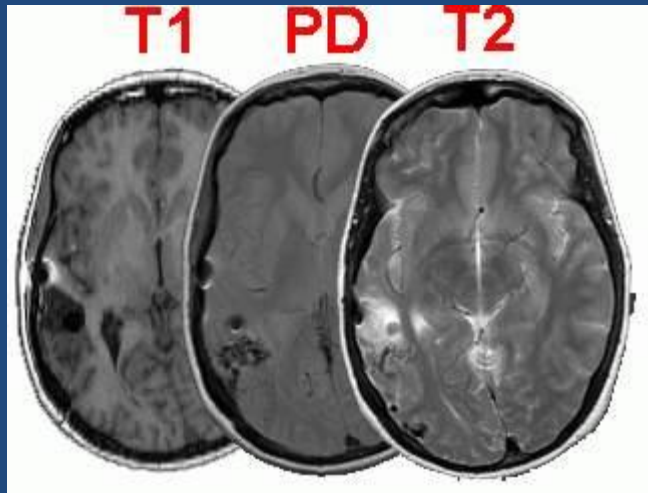
- T2-painotteinen kuva
- SpinEcho-sekvenssissä TE ja TR pitkiä:
TE > 75 ms
TR > 1500 ms
- Neste näkyy kirkkaana

Esimerkkikuvia

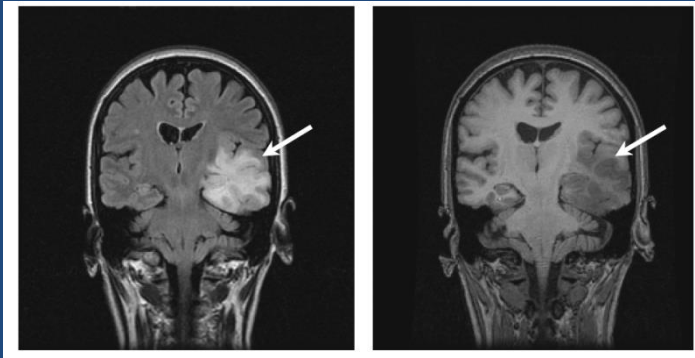
- PD (proton density)
- TE lyhyt ja TR pitkä
TE < 40 ms
TR > 1500 ms
- Rasvasaturaatio(fs) vähentää rasvan signaalia
- Nivelrakkoon injisoitu kontrastiainetta



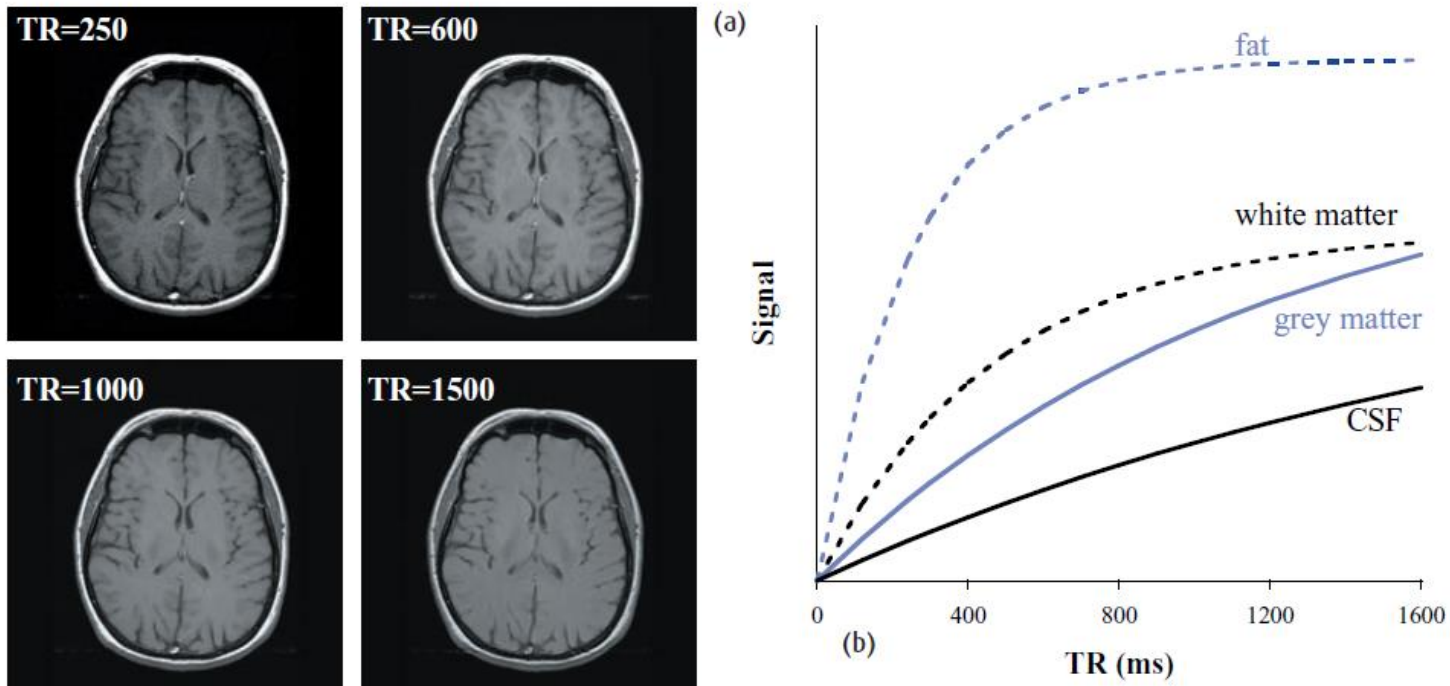
Kontrastierot kuvissa



- Nesteillä pitkä T1 (1500-2000 ms)
- Rasvoilla lyhyt T1 (100-150 ms)
- T2 on aina lyhyempi kuin T1 kudoksissa



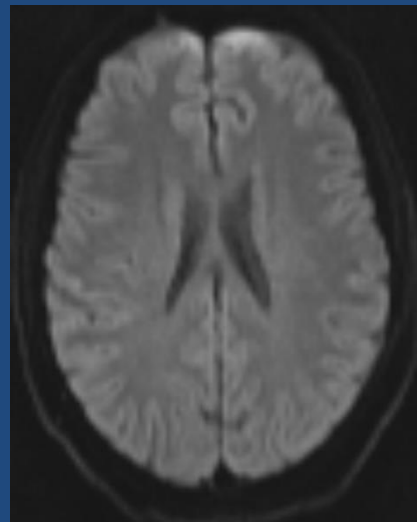
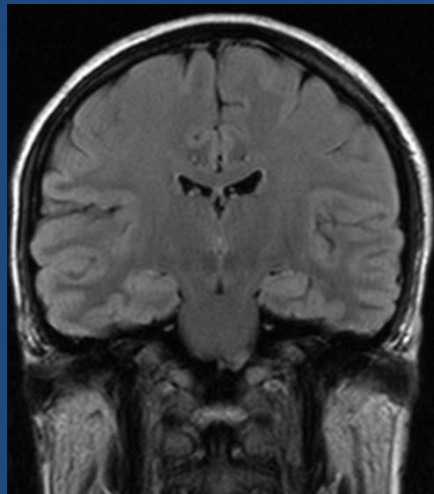
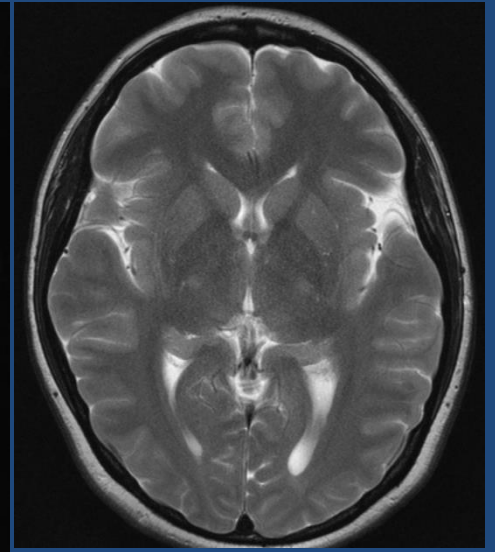
Kontrastierot kuvissa



MRI

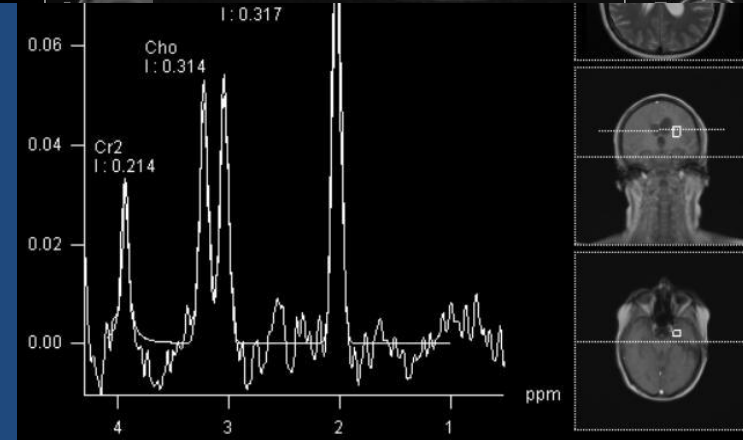
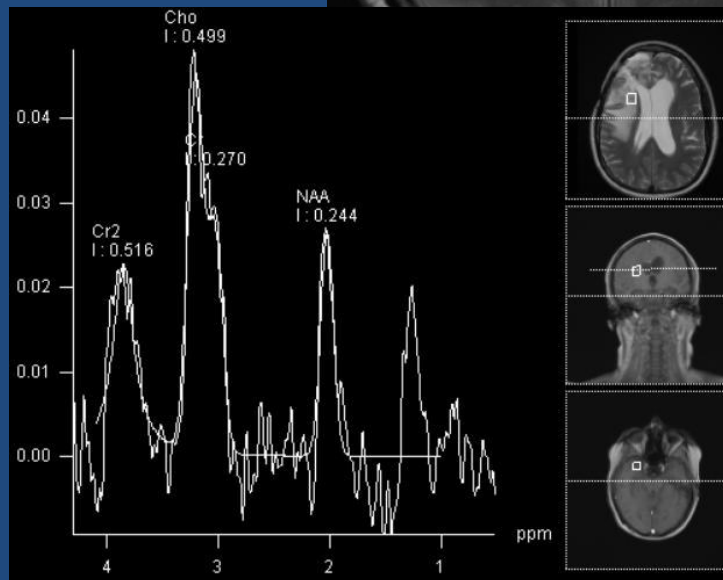
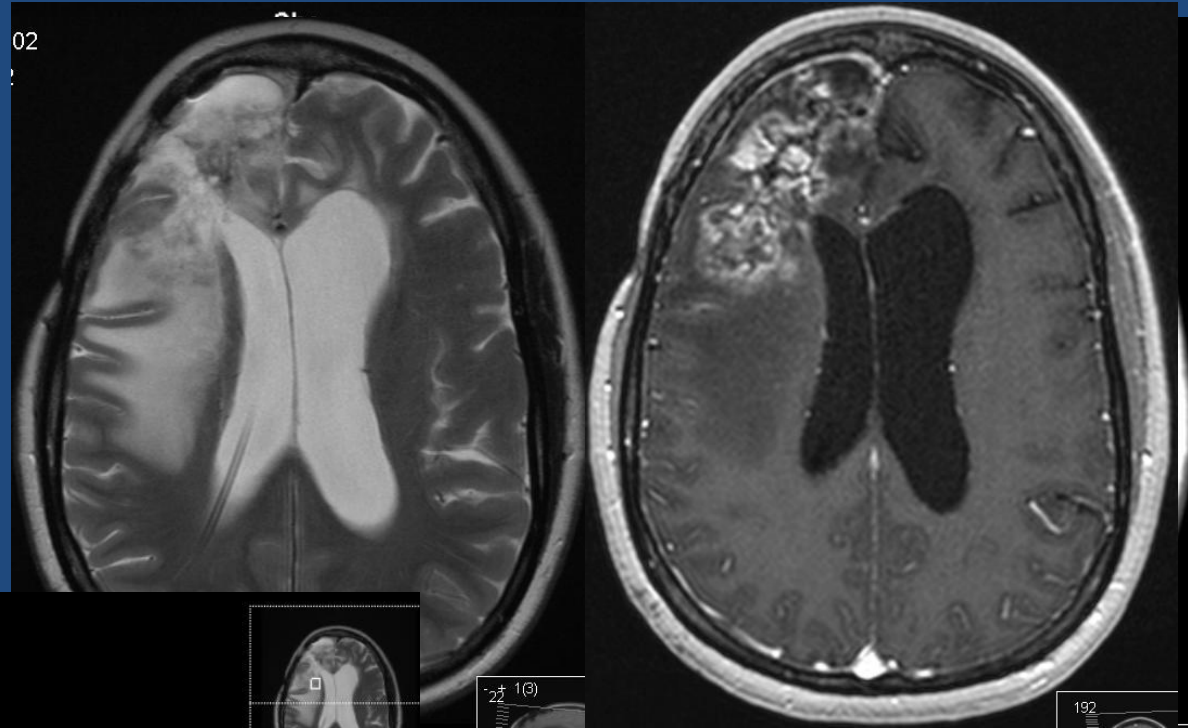
Sekvenssit (loputon suo)

- T1 SE
- T2
- Flair
- Diffuusio
- varjoainetehosteinenT1



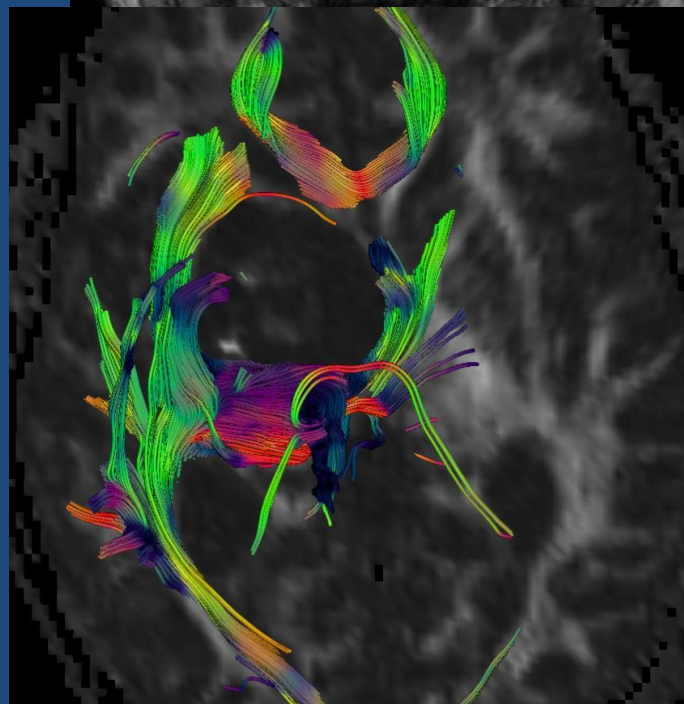
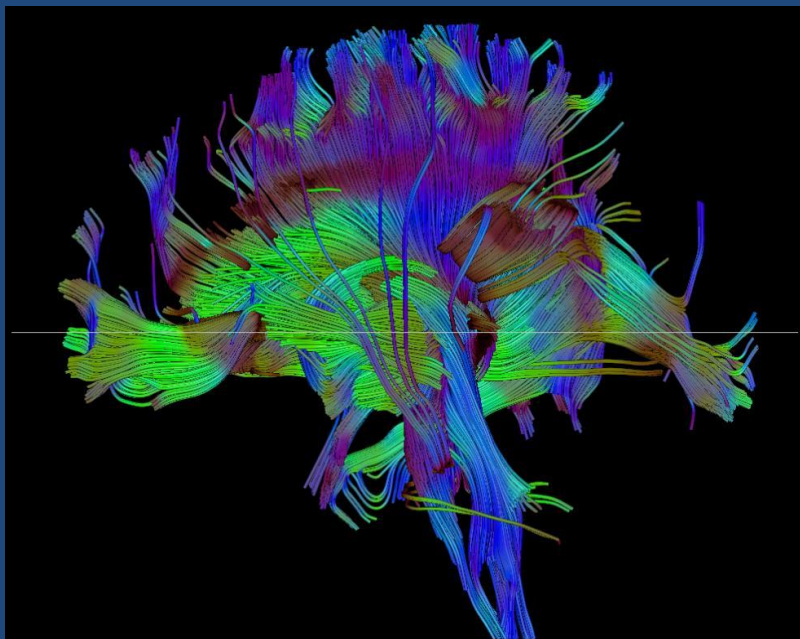
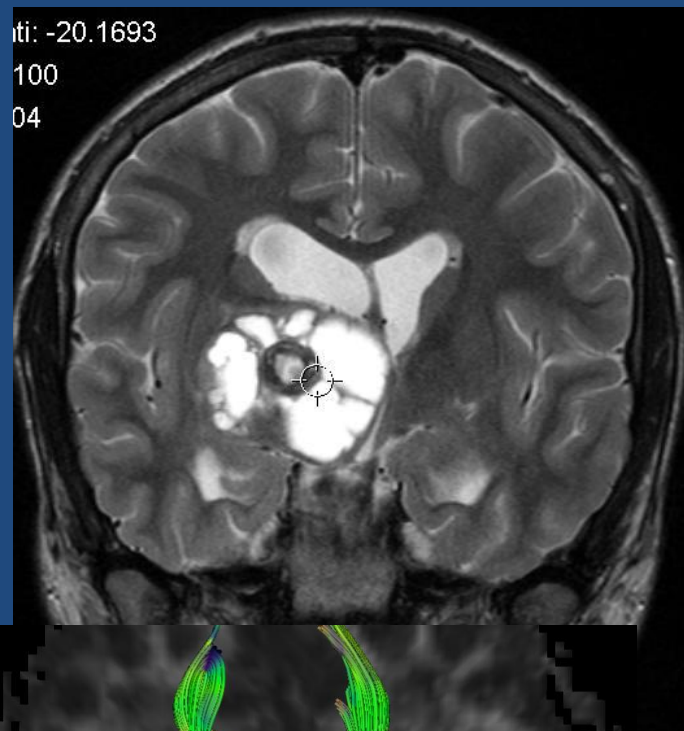
MRI SPEKTROSKOPIA

- Frontaalinen oligodendrogliooma. Biopsian ohjaus

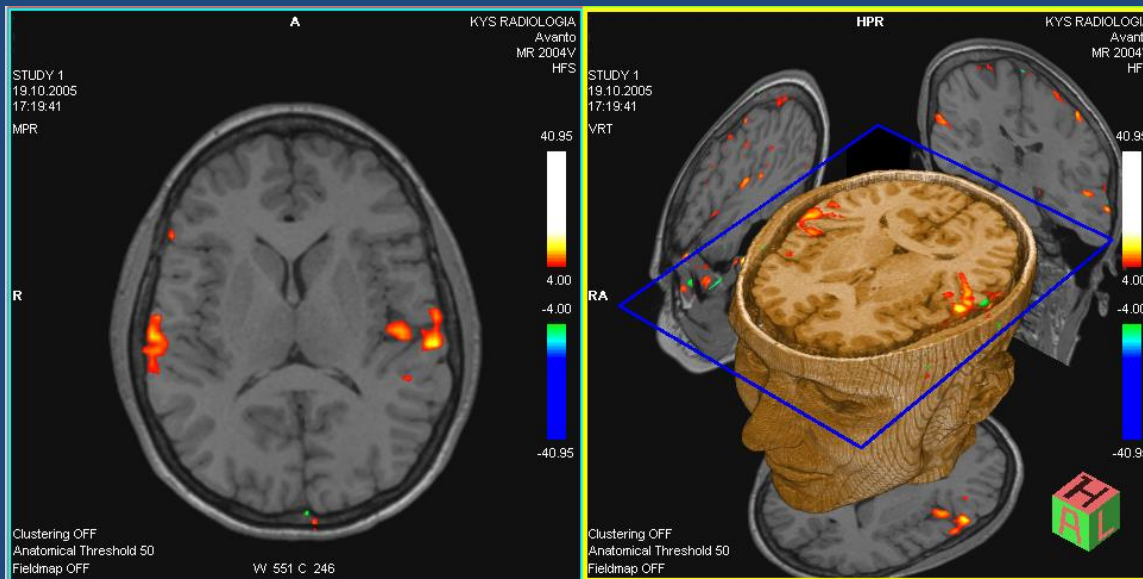


MRI DTI

- Ennenaikainen puberteetti 12 v pojalla. Päänsärky pahoinvointi. Romberissä vas käsi laskeutuu ja kääntyy pronaatioon.

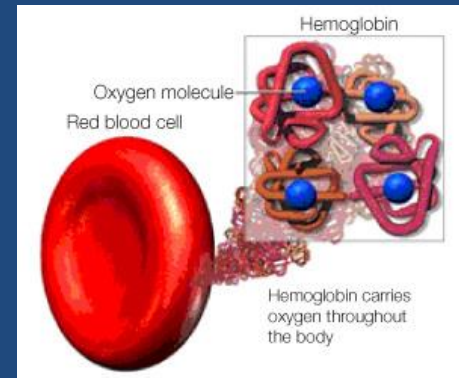
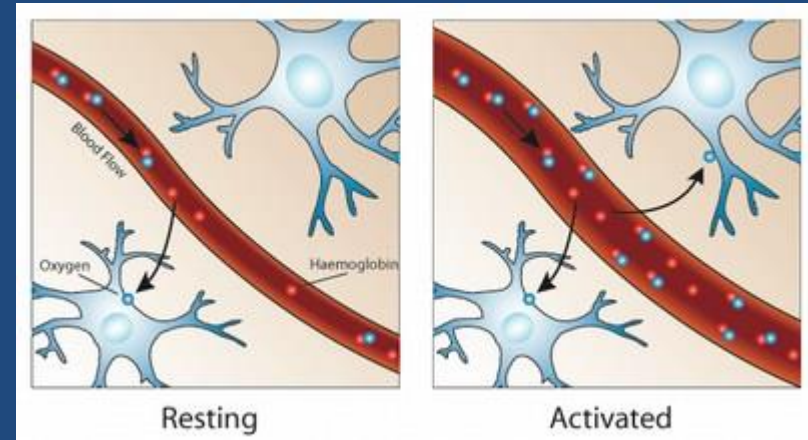


Functional Magnetic Resonance Imaging

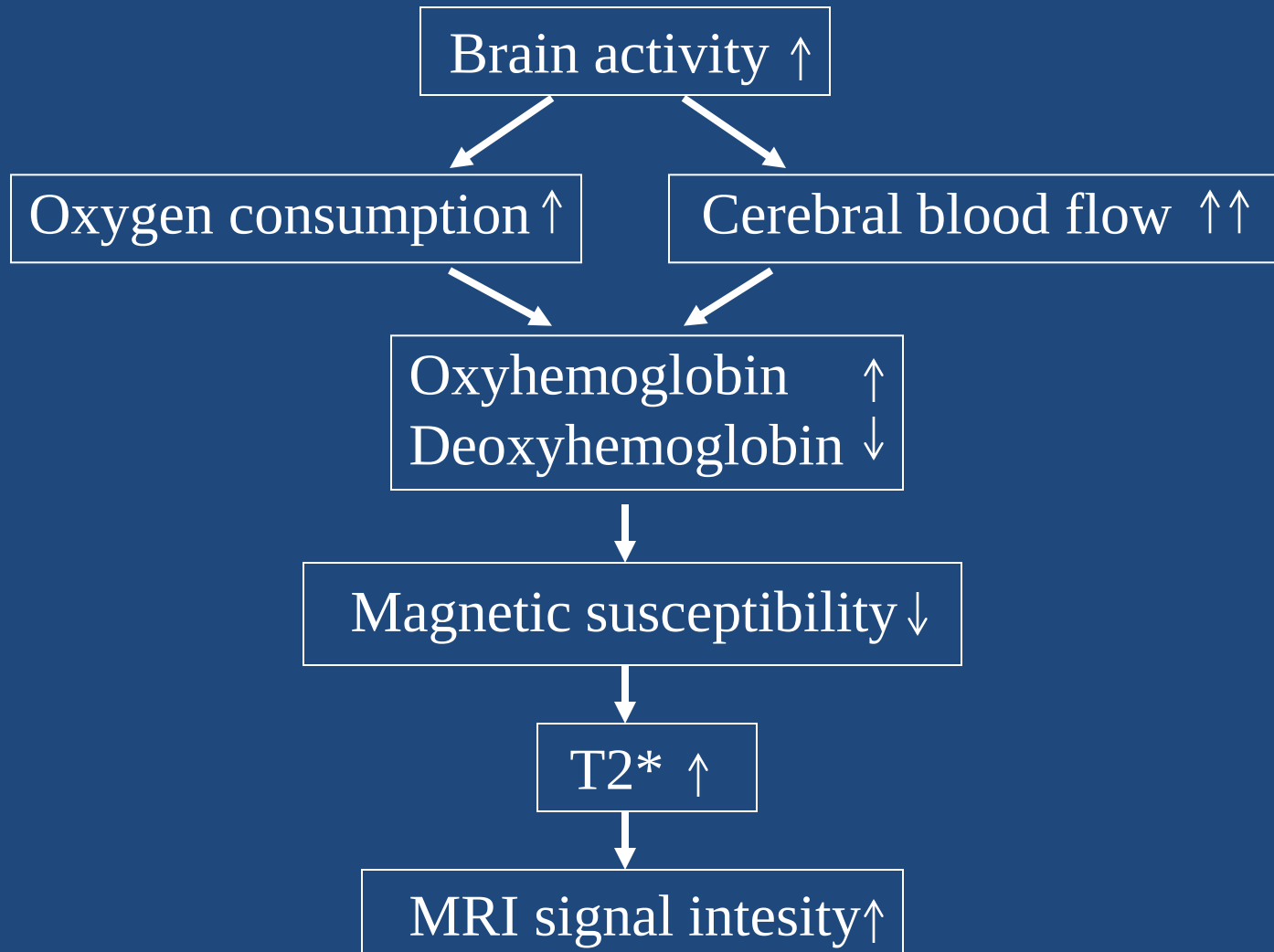


fMRI, physiology

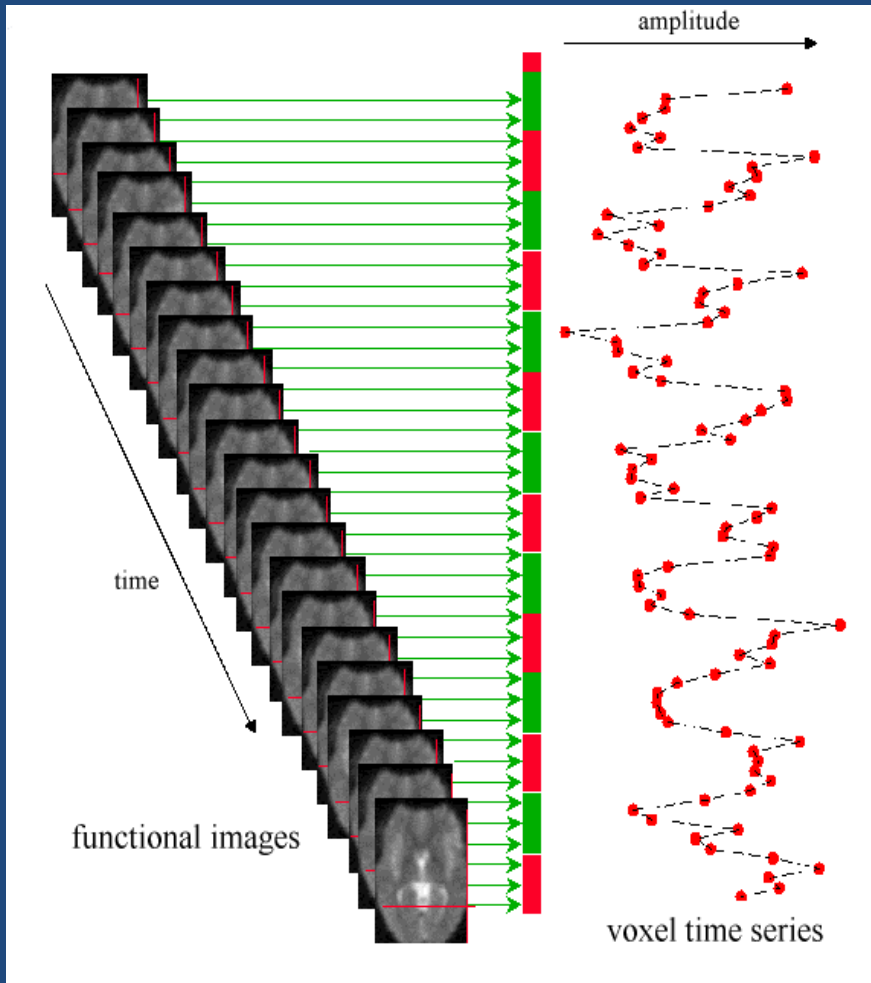
- Neuronal activity >> over 50% volume increase in blood flow, note: oxygen consumption increases less (max 15%)
- In brain tissue the venous blood in capillaries have more oxygen during activation than in rest
- Magnetic property of hemoglobin (with or without oxygen)
- BOLD signal, Blood-Oxygen-Level Dependent



Mechanism of BOLD Functional MRI



fMRI data = scans in time series

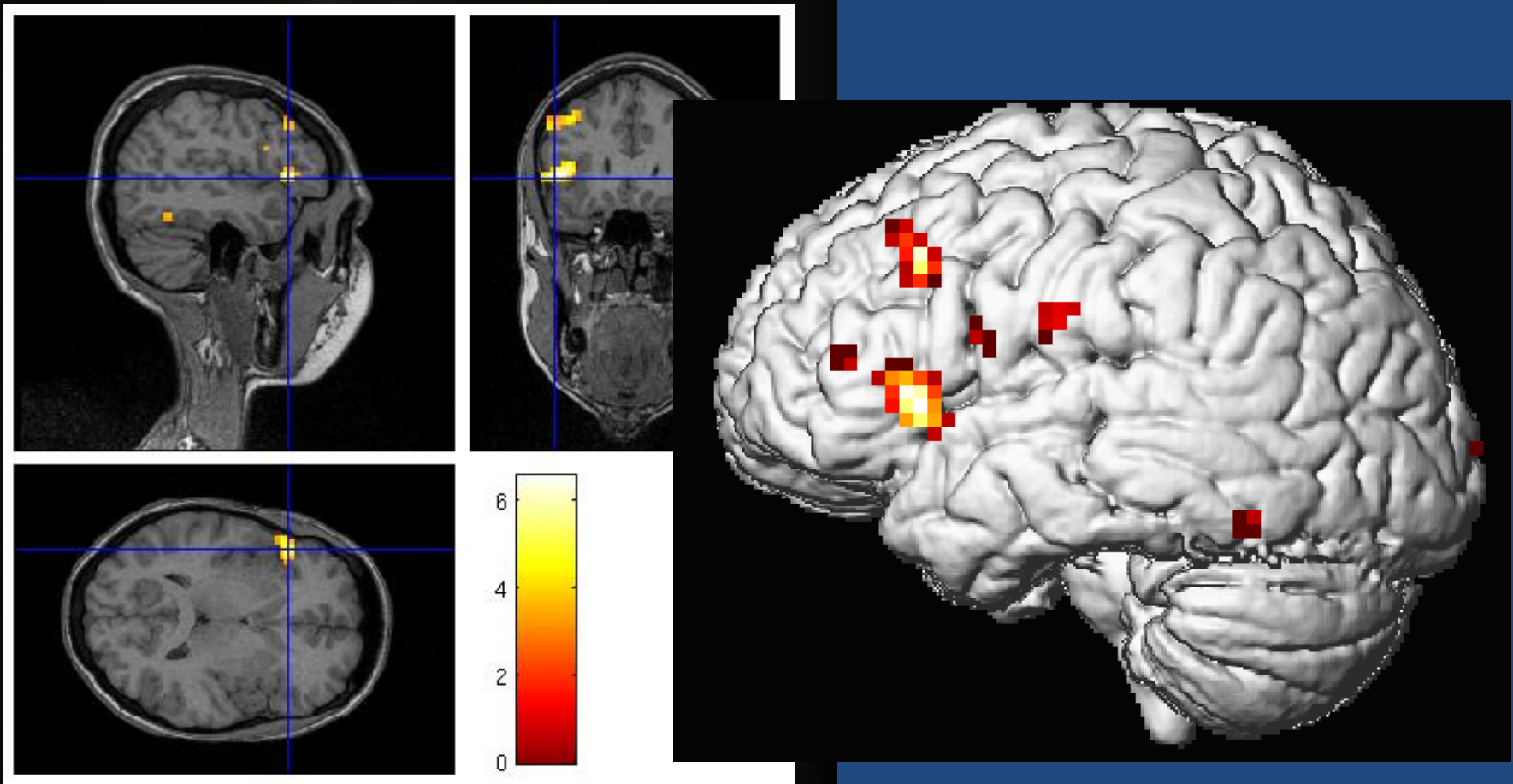


Functional images are collected in precise time rate to construct a time series of images.

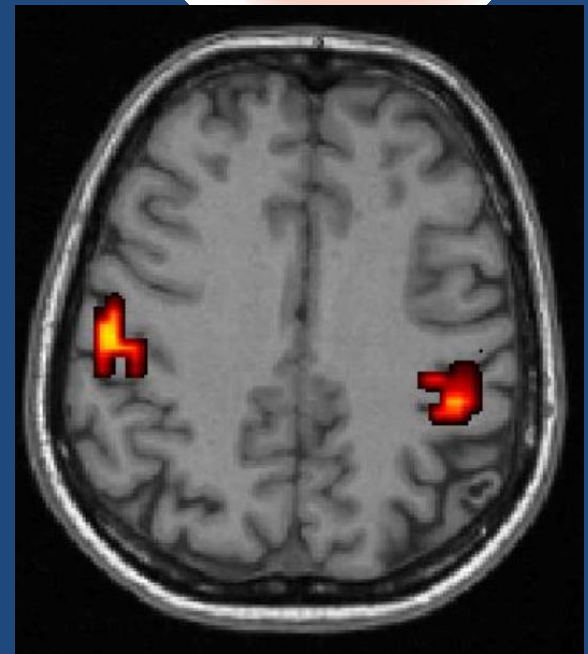
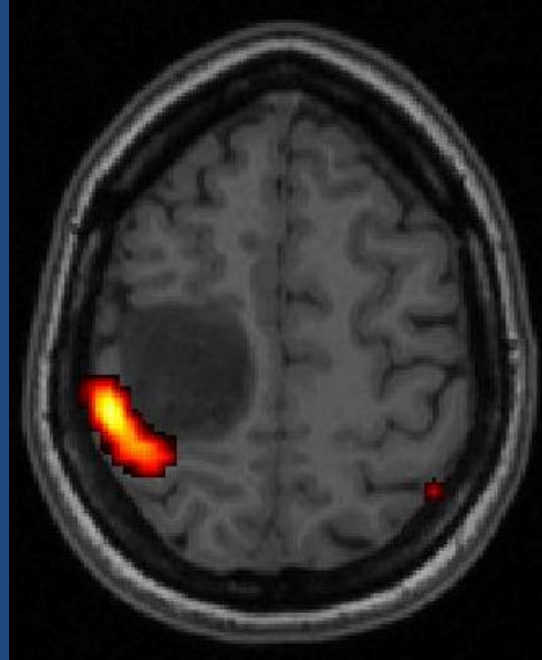
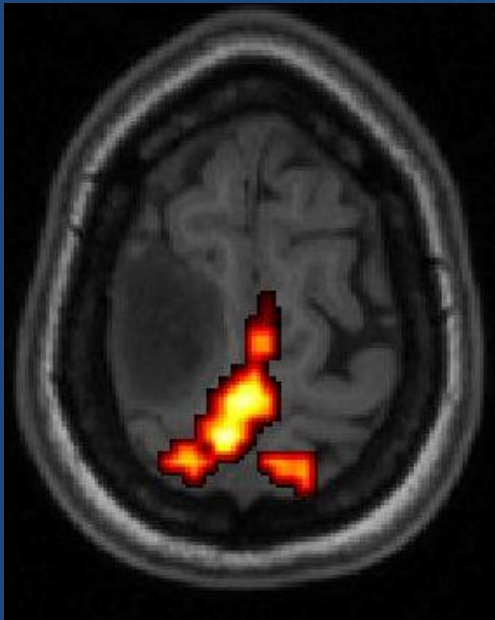
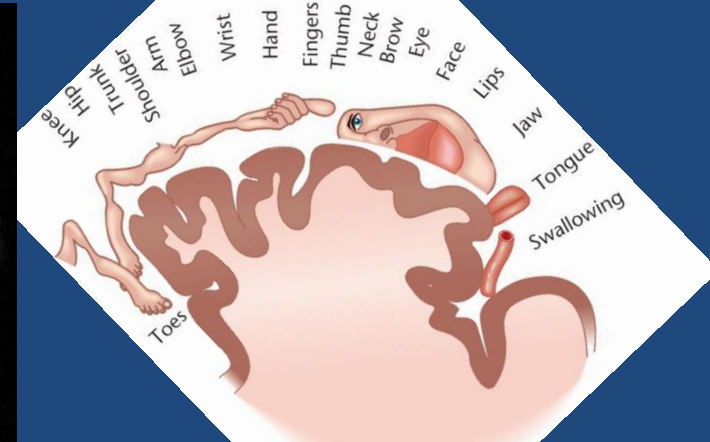
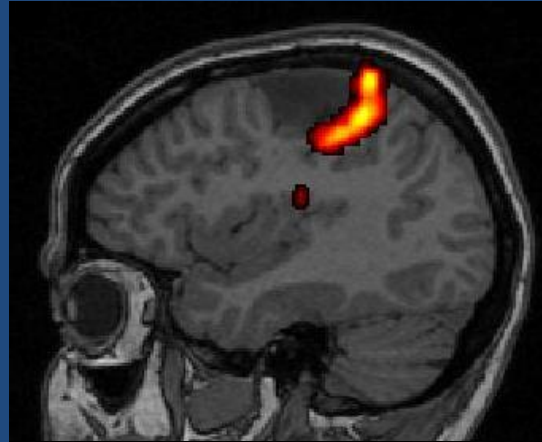
Each voxel in brain volume has its own time series.

These voxel time series are the fMRI data.

Data analysis, tuloskuva



motor fMRI, movement vs. rest



MRI turvallisuus

- Staattinen ja muuttuvat magneettikentät
- Staattinen kenttä on aina päällä
 - Yleisimmät riskit = huoneeseen joutunut materiaali, jota magneetti vetää puoleensa

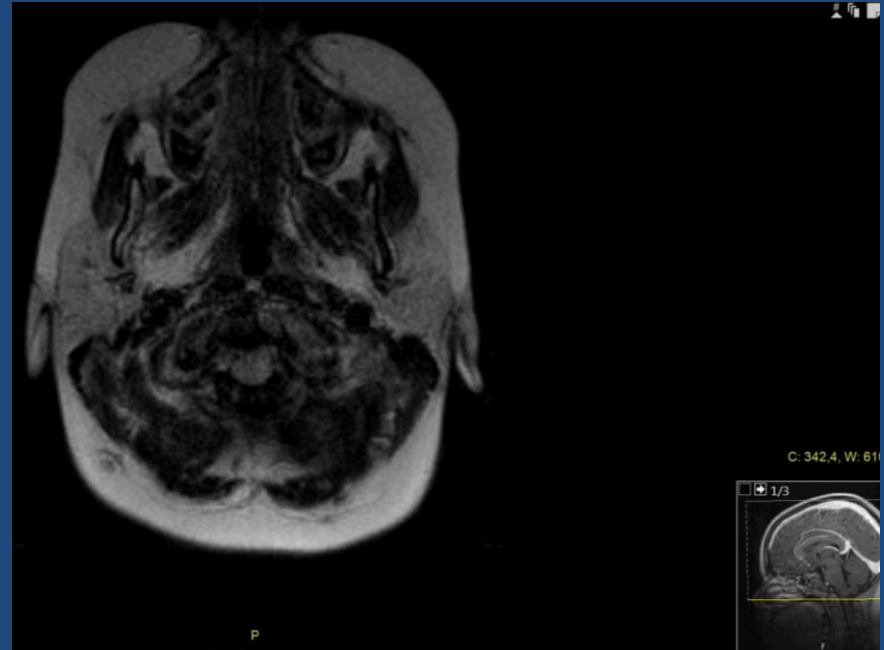


Magneettiturvallisuus

- MR-kelpoisuuden tarkistaminen
 - Potilaat, saattajat, henkilökunta:
 - Tahdistimet ja sisäiset defibrillaattorit
 - Neurostimulaattorit
 - Muut implantit
 - Aneurysmaklipsit, koilit, filtterit ja stentit
 - Leikkausklipsit
 - Kranaatinsirpale, luoti tai hauli
 - Metalliesine silmässä
 - Meikit ja tatuoinnit
 - Lävistykset

MRI

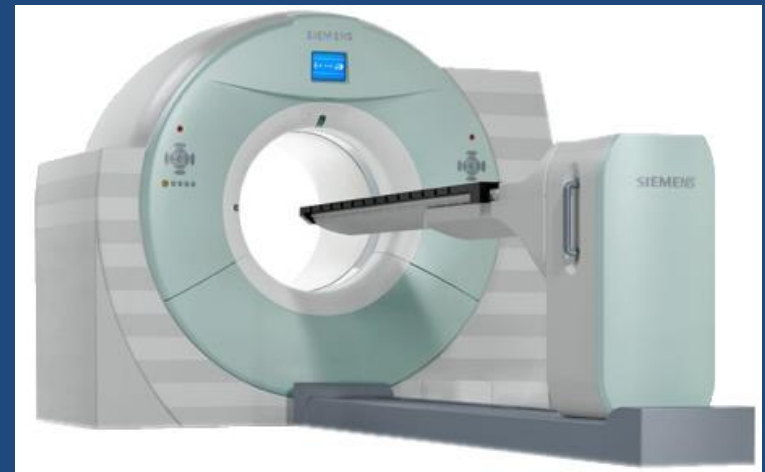
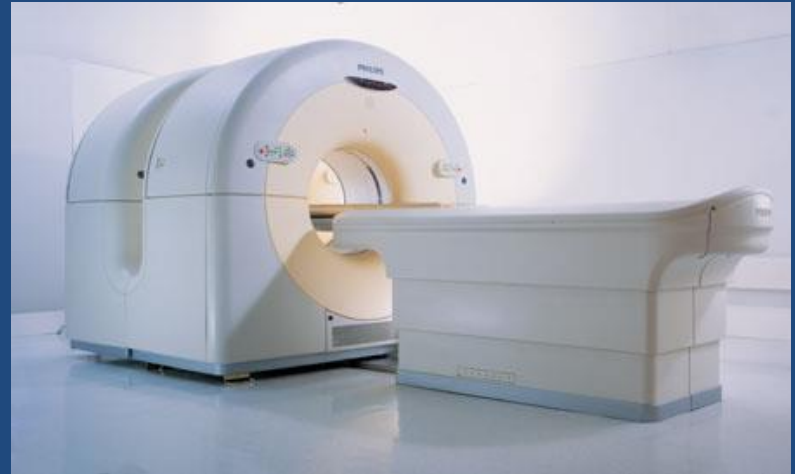
- Pro
 - One stop shop
 - Kontrasti
 - Funktionalinen kuvantaminen
 - Ei säderasitusta
- Con
 - Hinta
 - Saatavuus
 - Kuvausaika



PET-TT/MRI

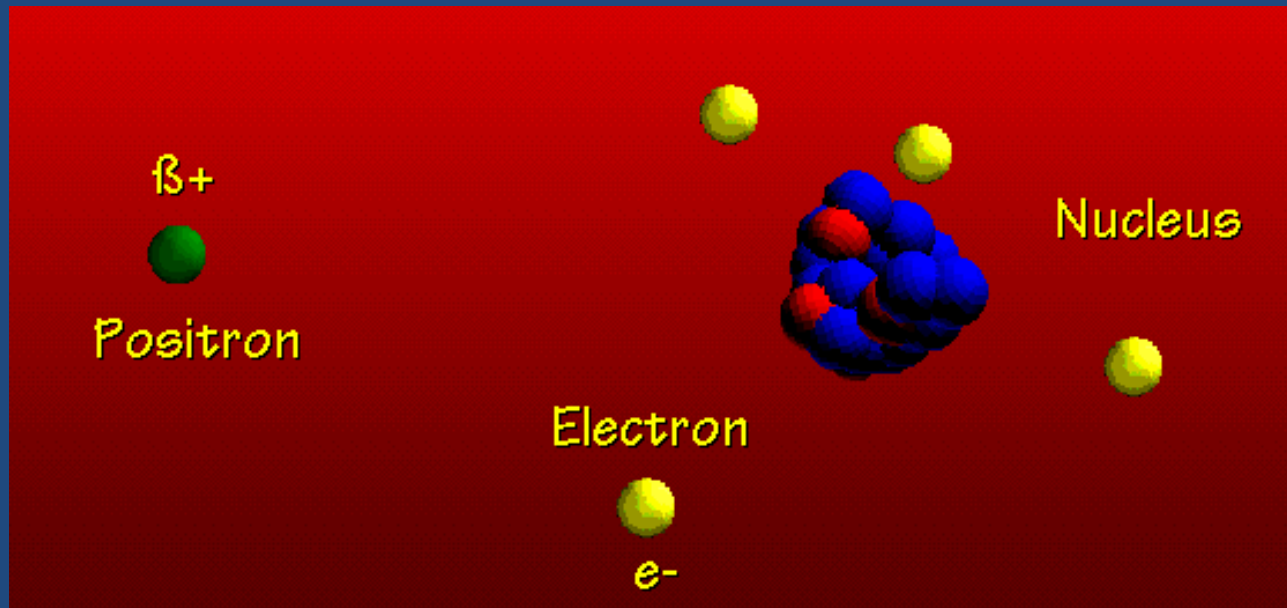
PET-TT

- PET-TT -kamera
- positroniemissiotomografia
- tietokonetomografia



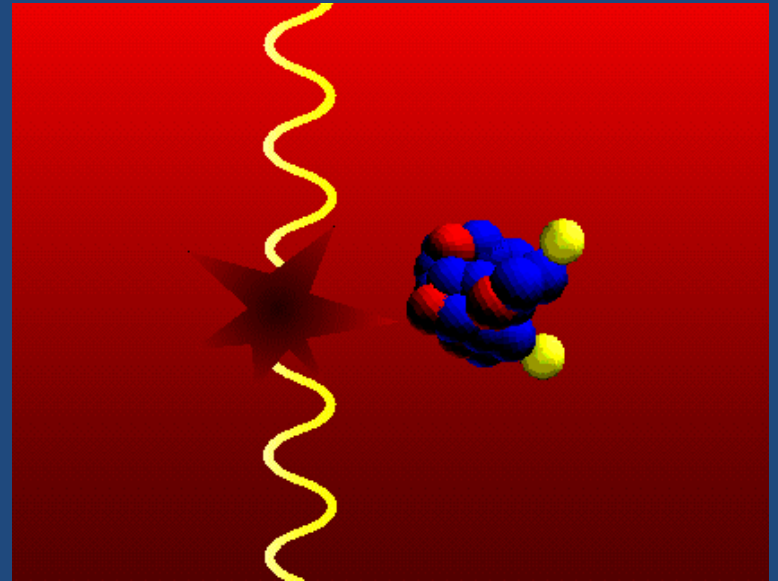
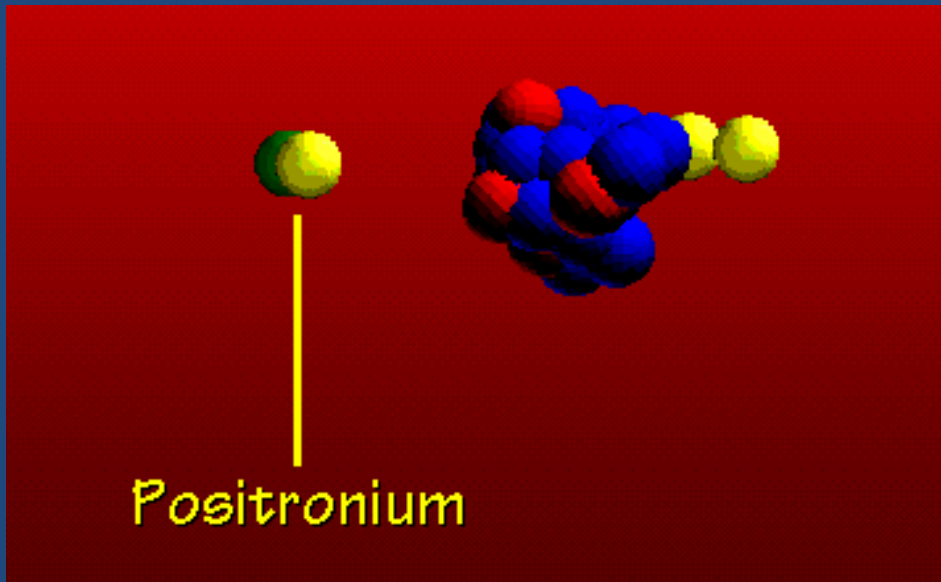
PET-TT

- Radionuklidi hajoaa positroniemiissiolla, ydin lähettää positronin, elektronin vastahiukkasen



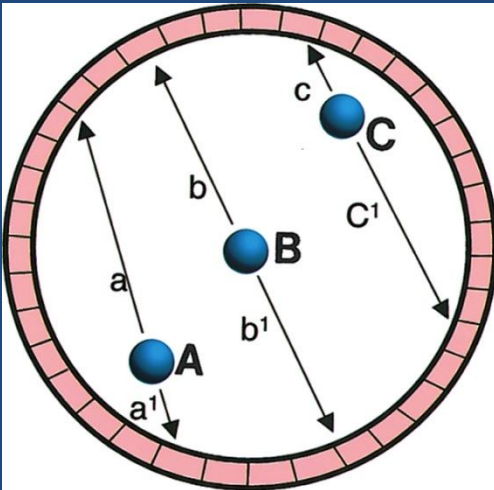
PET-TT

- Radionuklidi hajoaa positroniemiissiolla
- Positronin kantama muutama millimetri
- Annihilaatio – positroni kohtaa elektronin = kaksi 511 keV:n fotonia vastakkaisiin suuntiin



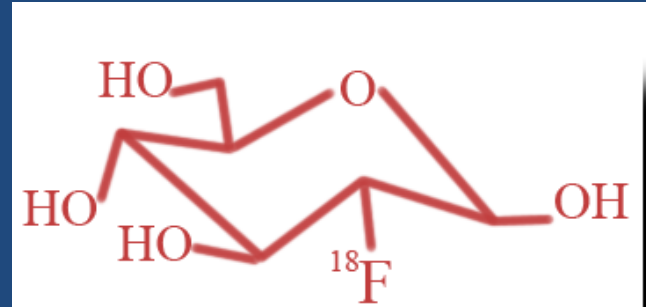
PET-TT

- Kuva muodostuu havainnoimalla annihiloituneita 511keV fotonipareja
- PET-tutkimukseen liitetään TT-tutkimus (MRI)



Radioaktiivinen lääke

- Radioaktiivinen lääke =
lääkeaine + radionuklidi

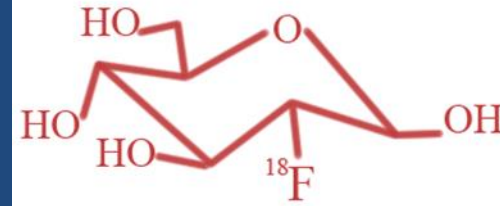


F-18 FDG

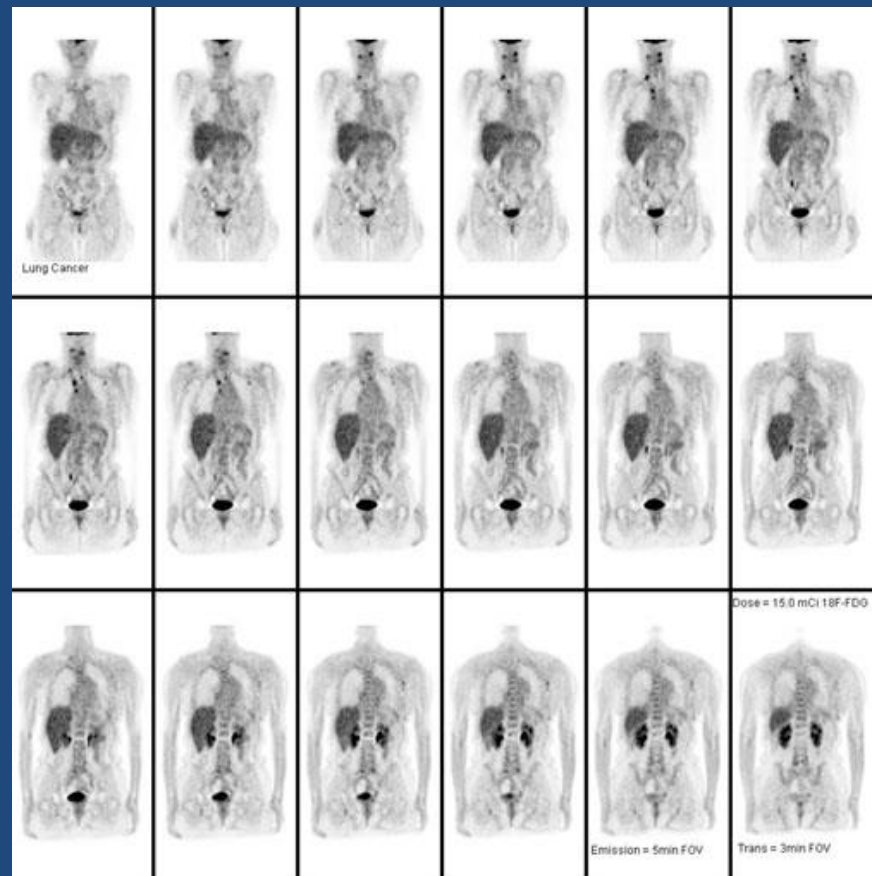
- lääkeaine 'vaikuttava aine' - määrää kuvattavan ilmiön
- kuva muodostuu radionuklidin avulla

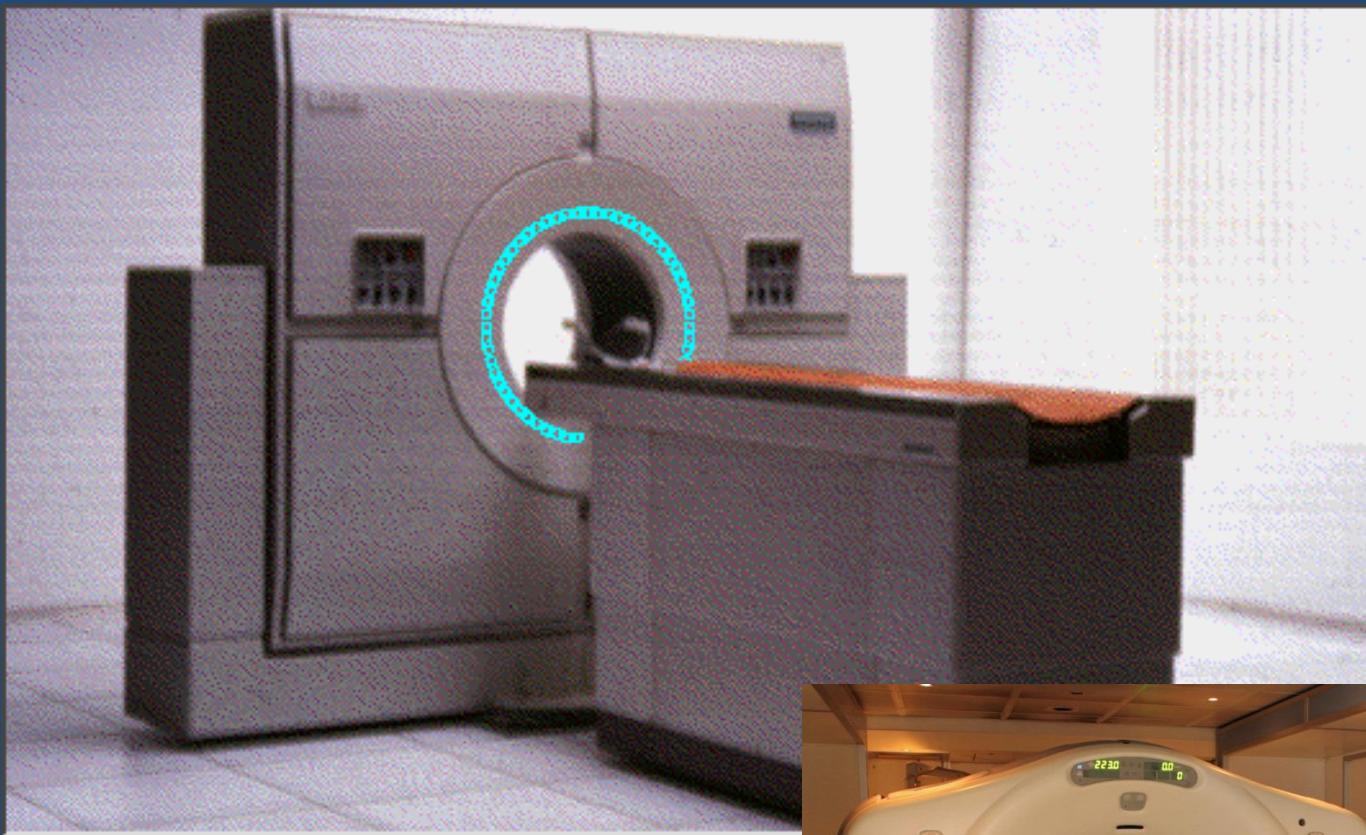
^{18}F FDG-PET

- glukoosianalogi
- kulkeutuu soluun, fosforyloituu FDG-6-fosfaatiksi, jää ansaan
- ei juurikaan metaboloidu eteenpäin
- syöpäsoluissa sekä lisääntynyt glukoosin solunotto että kiihtynyt glukoosin kulutus
- myös tulehdussoluissa glukoosimetabolia on voimakas
- inflammaation ja infektion kuvaaminen
- aivojen metabolia: dementiassa alentunut; epilepsia
- interiktaalisesti fokuksessa on hypometabolia



F-18 FDG





PET-TT-kamerassa
ilmaisinkiderengas,
useita kiteitä +
monirivi-TT (ad 128 ja
Enemmänkin)



Tutkimuksen kulku

lepo, kanyylin laitto – radiolääkeinjektio –
lepo 50-60 min - kuvaus TT + PET, kesto n. 20 min

huom. potilas säteilee

säderasitus vartalokuvissa

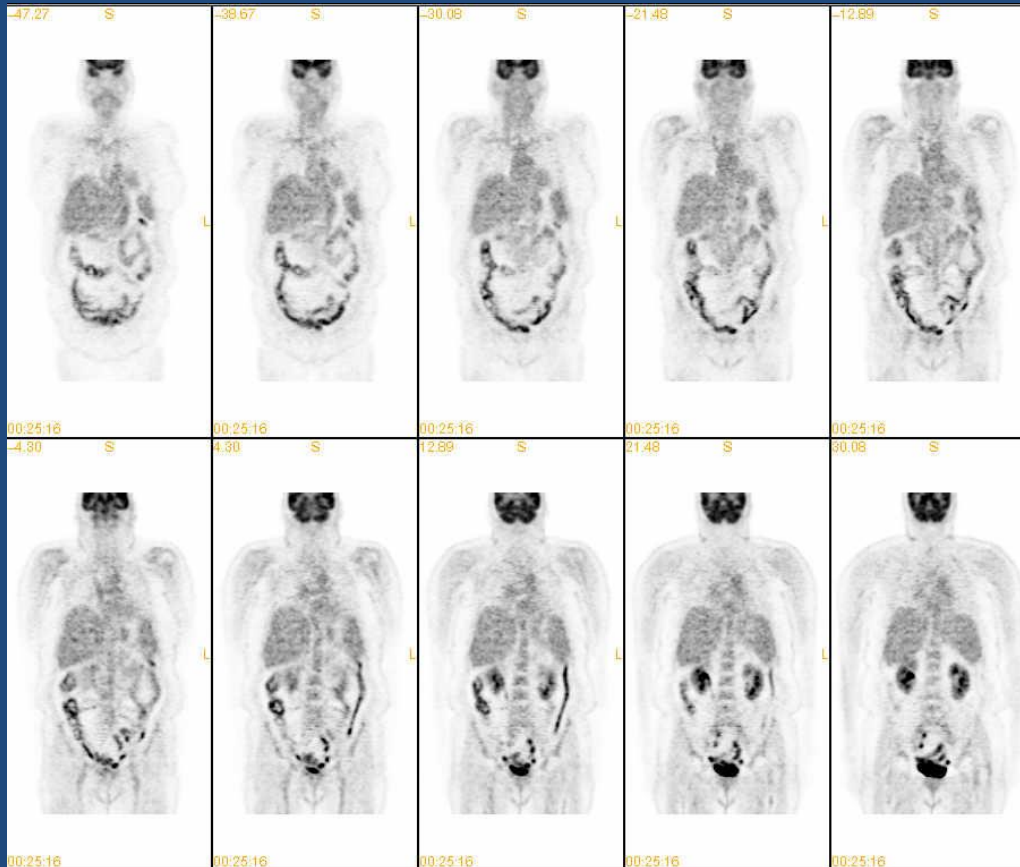
FDG-PET: 9 mSv

TT: 2 mSv

aina kuvaus kulmakarva-
taso - yläreidet
tai pelkät aivot



FDG:n fysiologiset kertymät



- aivot
- nielun alue
- sydänlihas
- munuaiset ja virtsatiet
- suolisto
- maksa ja perna
- heikosti luuydin
- fysiologiset kertymät radiolääkespesifejä esim. ^{18}F -FDG eri kuin ^{18}F -DOPA

18F-FDG-PET/TT:n indikaatioita

- onkologia
- tulehduspesäkkeen kuvaaminen
- infektio/inflammaatio/granulomatoottinen tulehdus
- kardiologia
- neurologia – dementian kuvantaminen, epileptisen fokuksen hakeminen
- Eri radiolääkkeillä eri indikaatiot, aivotuumoreissa FDG on huono, koska aivojen fysiologinen sokeriaineenvaihdunta on korkea

Haasteita

-PET-radiolääkkeet

- radionuklidit valmistetaan syklotronissa

Helsinki, Turku, (Jyväskylä fysiikan laitos?), Kuopiossa keväällä 2016 alkaa tuotanto

- radionuklidien lyhytikäisyys

-T_{1/2}:

F-18 – 110 min, voidaan kuljettaa – Helsingistä Jyväskylään

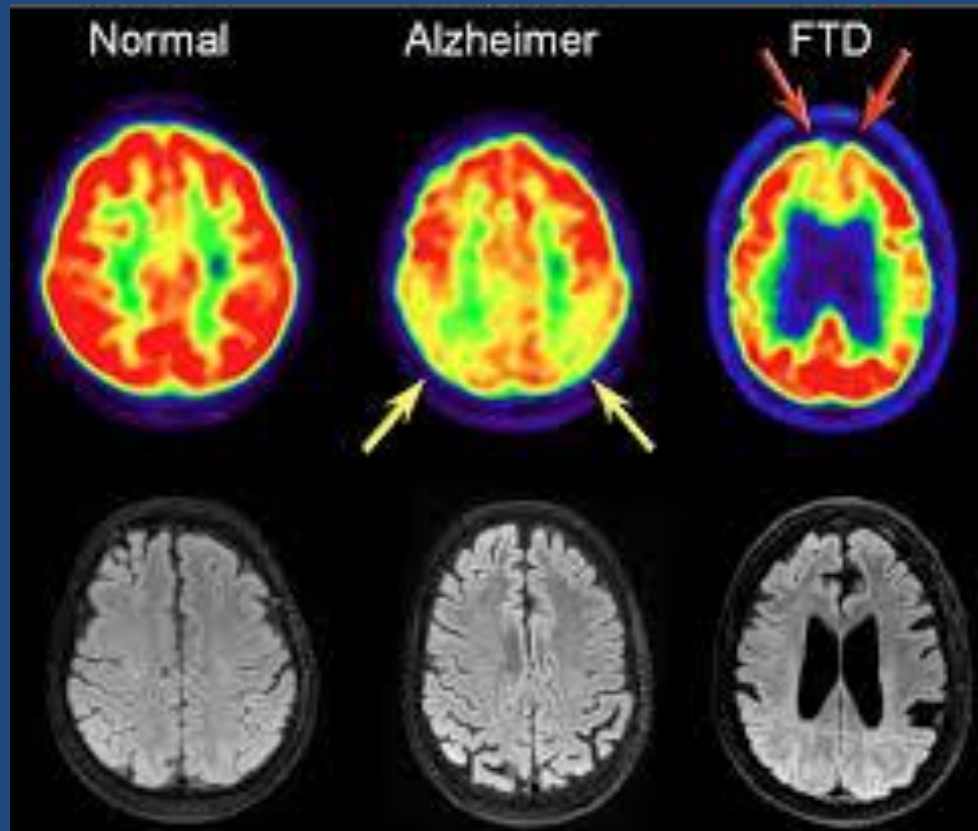
Ga-68 – 68 min, generaattori, vaatii radiokemian osaamisen + tilat

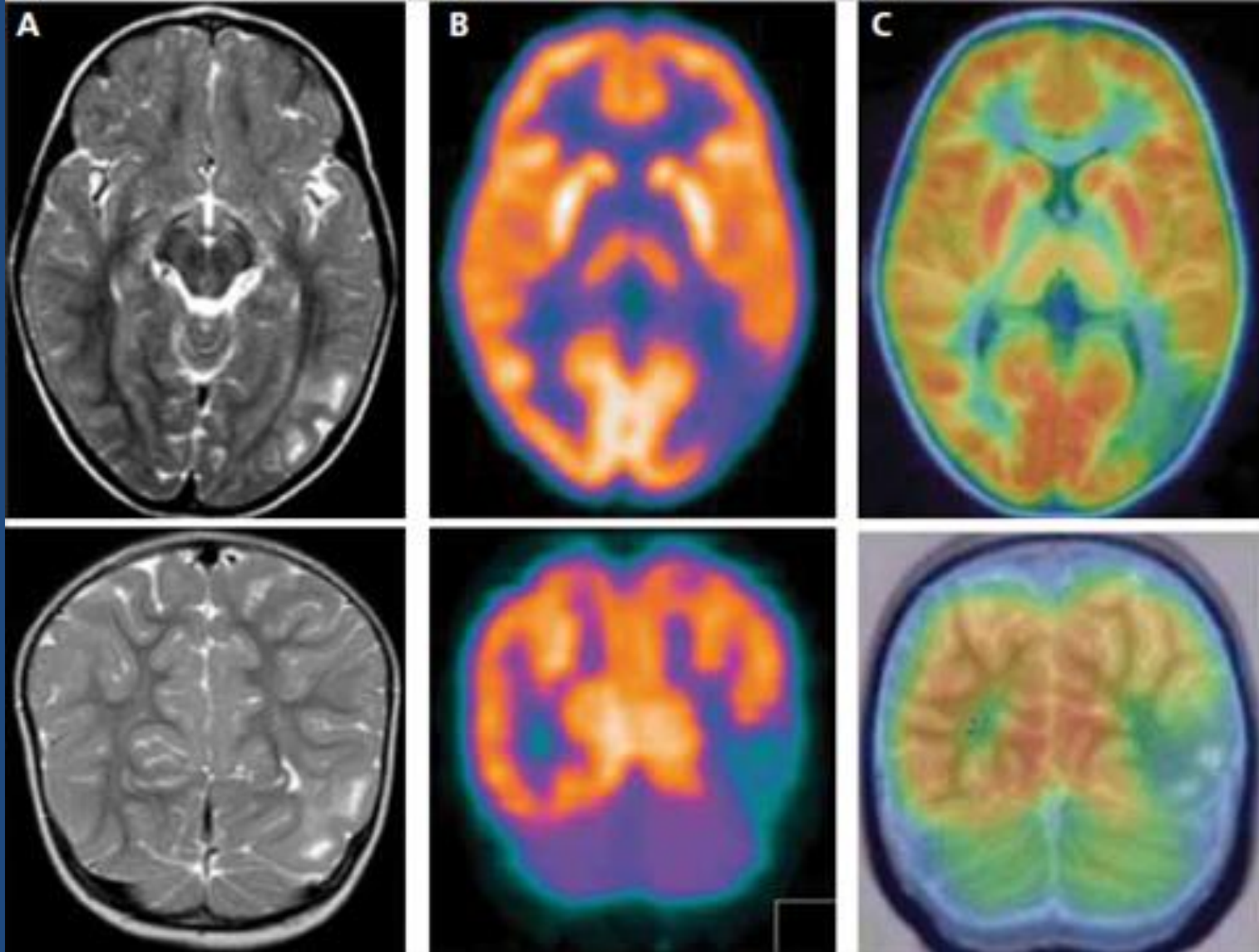
C-11 – 20 min

O-15 – 2 min

N-13 – 10 min

Normaali aivometabololia – harmaa aine kuvautuu
Alzheimerin taudissa parietotemporaalinen hypometabololia
FTD:ssä temporoparietaalinen hypometabololia
Aivokuvat fuusioidaan yleensä MRI-kuviin





Epilepsia 1 v iästä alkaen. MRI-kuvassa vasemmalla takaraivolohkon lateraaliosassa kehityshäiriö, PET-kuvassa vastaavan alueen hypometabolia. Histologinen dg Taylorin tyypin 2B fokaalinen kortikaalinen dysplasia

MODALITEETIT

- UÄ

- Hyvää
 - Kontrasti varauksin
 - Vapaa kuvaussuunta
 - Hinta
 - Resoluutio
- Huonoa
 - Toistettavuus
 - Penetraatio
 - Luut
 - Kalkit

- MRI

- Hyvää
 - » Kontrasti
 - » One stop shop
 - » Ei säderasitusta
- Huonoa
 - » Hinta
 - » Kalkkien näkyvyys
 - » Varauksin luut

- CT

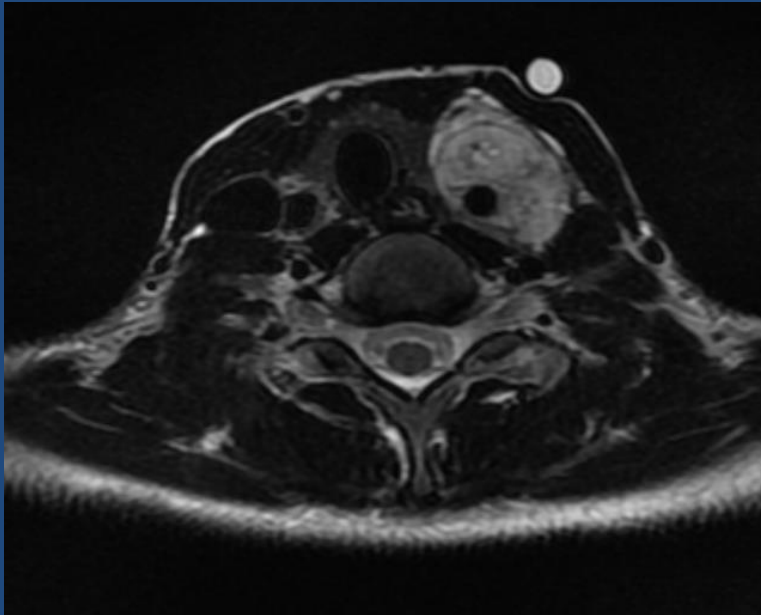
- Hyvää
 - Luut
 - Kalkit
 - Saatavuus
 - Hinta
- Huonoa
 - Kontrasti
 - Säderasitus

- PET CT/MRI

- Hyvää
 - Tieto fysiologiasta/taudin aktiviteetista
- Huonoa
 - Hinta
 - Isotoopin käyttöikä

Potilastapaus 1

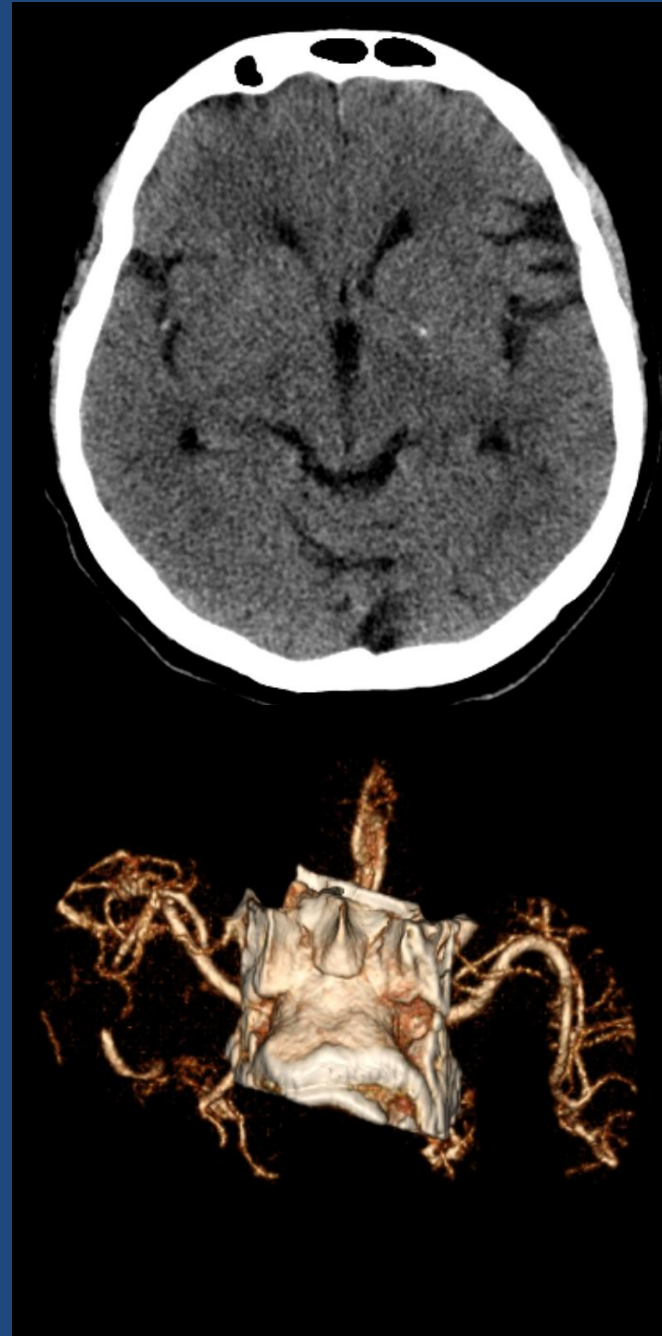
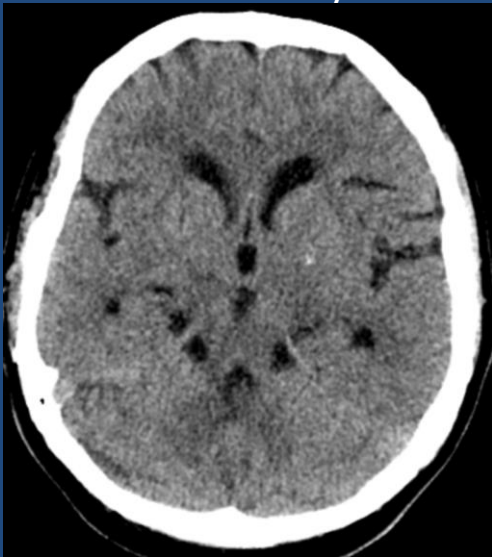
- Kaulalle vasemmalle alaosaan ilmaantunut vähitellen kookas, pehmeä, aristamaton resistenssi. Yt hyvä, kuumeeton, orl-status normaali muutoin.



Potilastapaus 2

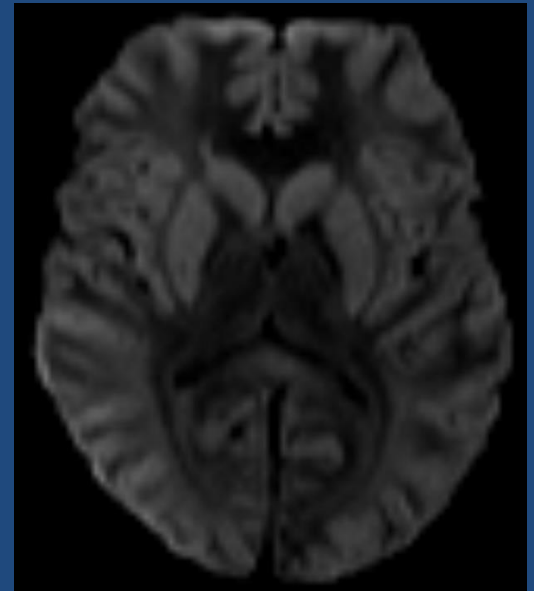
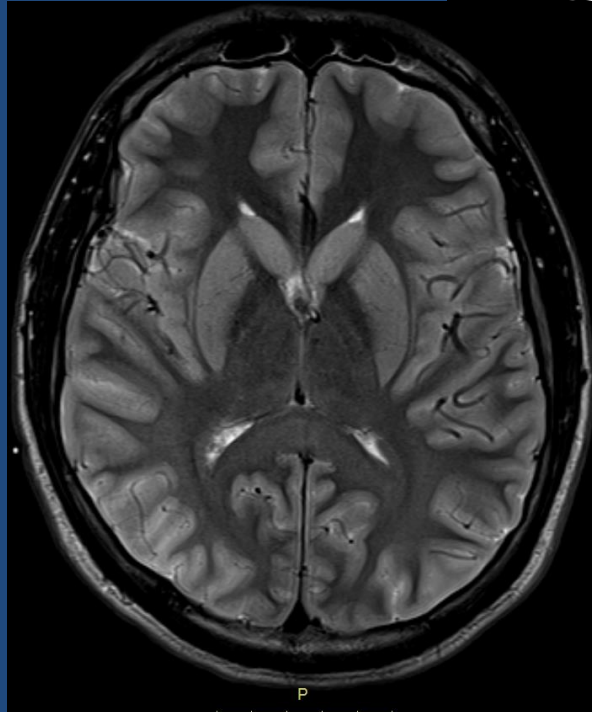
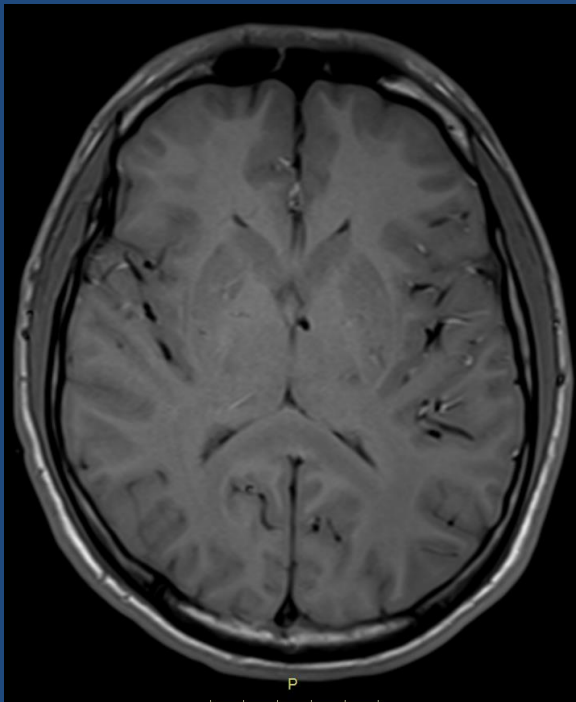
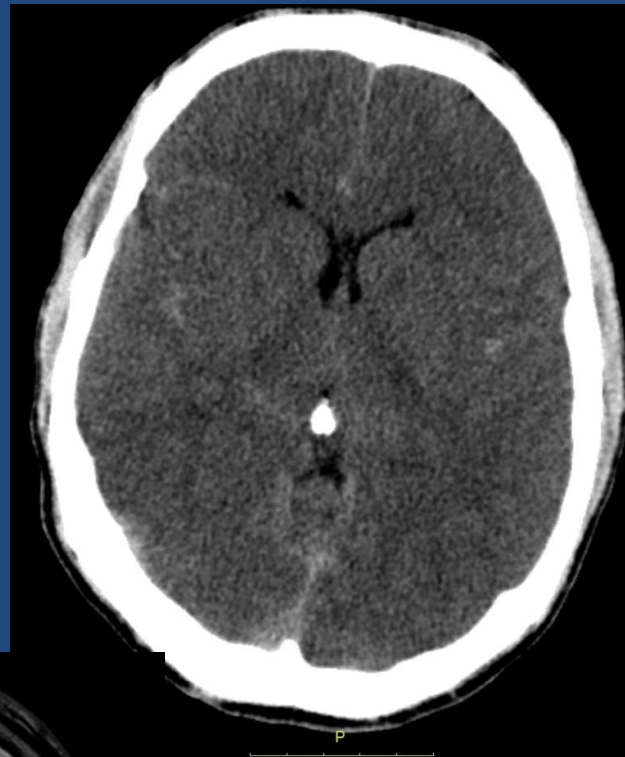
- hypotyreoosi ja mieliala ongelmia lääkelistan perusteella. Klo 22.20 omaisten silmien alla jalattomaksi, talutettu pöydän ääreen ja huomattu että puhe puuromainen. Vas suu pieli roikkuu, vas raajapari heikko. Katse devioi oik? Alkanut matkalla oksentamaan. RR 158/88

Post iv lyysi



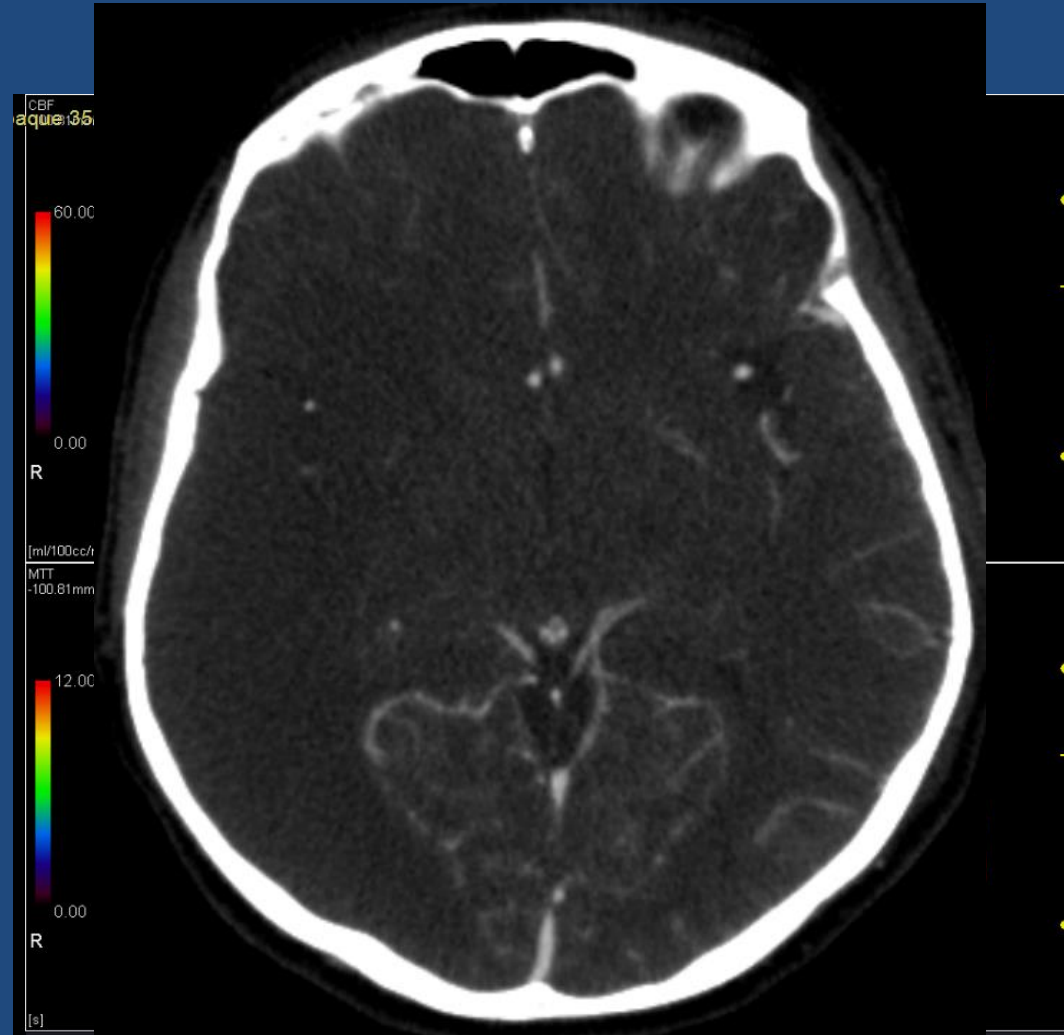
Potilastapaus 3

- Lääkeaineintoksikaatioepäily, tajuton. Mahdollisesti aspiroinut. Katse seilaa, kivulle ojentaa. Keuhkoauusk rohisee, huonosti satureituu. Intuboidaan.



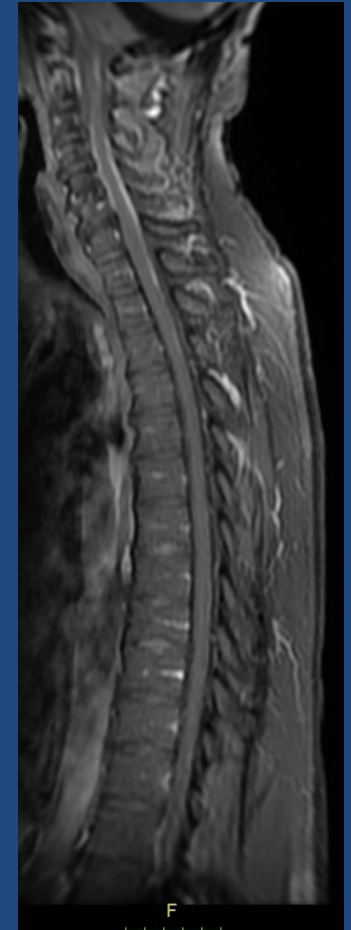
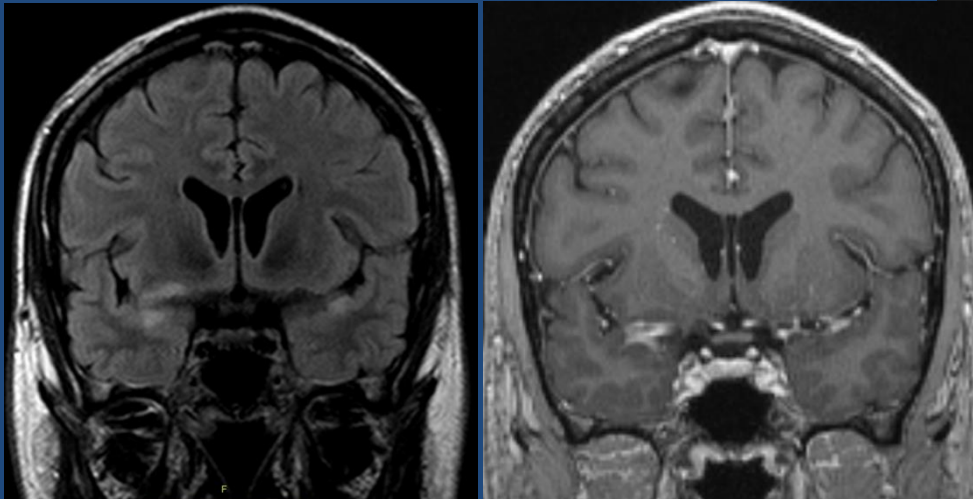
Potilastapaus 4

- 2003 pikkuaivoinfarkti, 10/12 vas puolen aivoinfarkti. MRI kuvattu hiljattain 05/13, jossa vanhat iskemiset muutokset näkyneet. Aamulla n klo 8 mennyt wc:een, josta sitten löydetty, nyt vas puolen heikkous, oikea deviaatio.



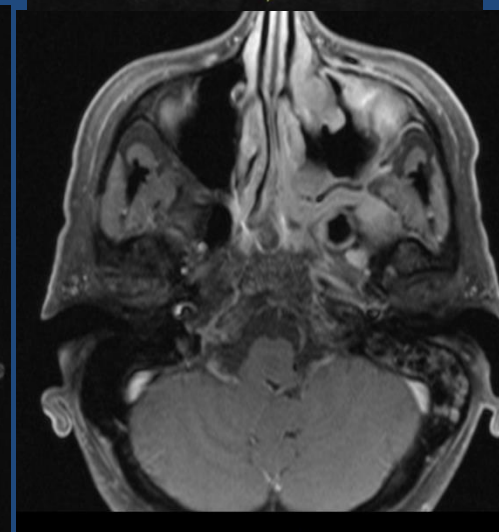
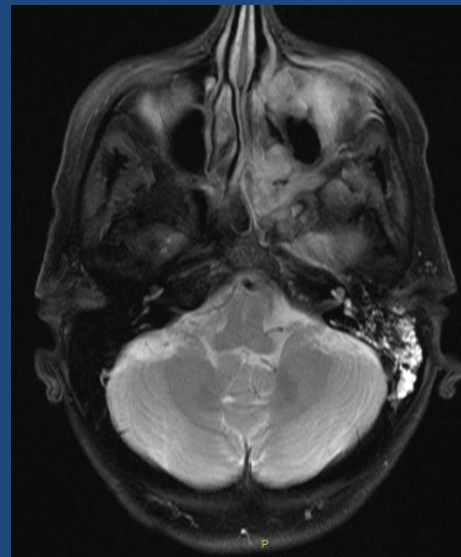
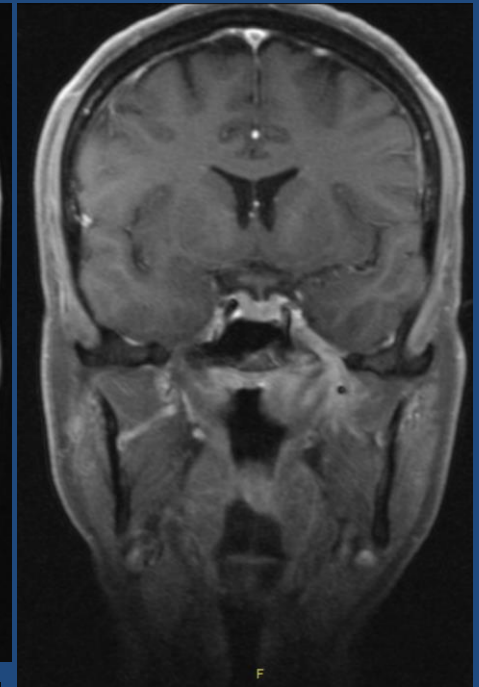
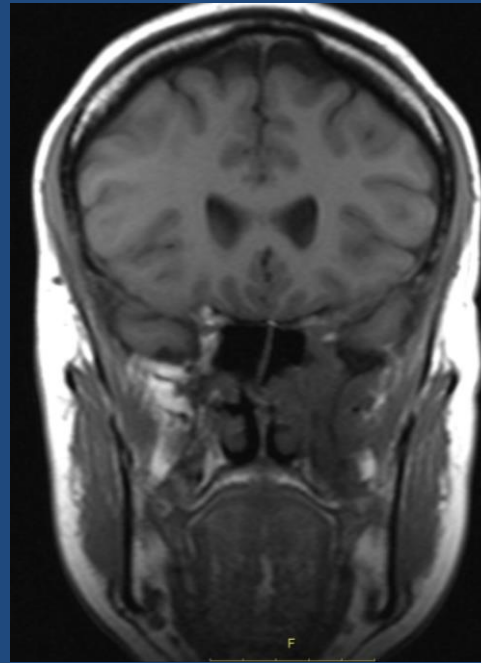
Potilastapaus 5

- Kahden viikon sisällä tullut niskakipu, yläraajat puutuneet, hypersensibiliteettiä, kävely muuttunut töpöttäväksi, perianaaliseudulla tunnonalennusta, tahdonalainen sfinktertoiminta olematonta, alaraajoissa hypersensibiliteettiä ja kömpelyyttä, mutta ei voimapuutosta.



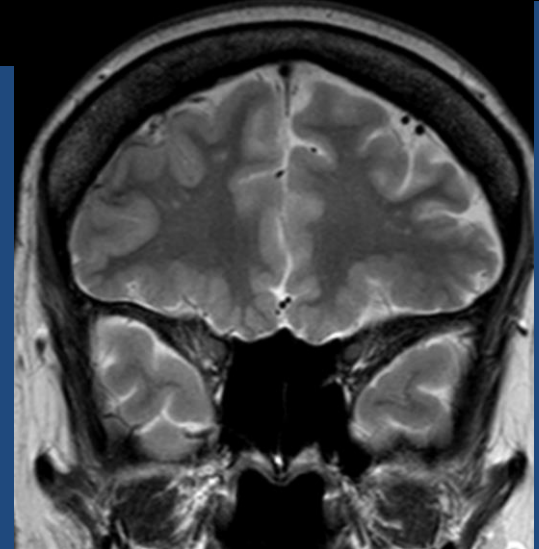
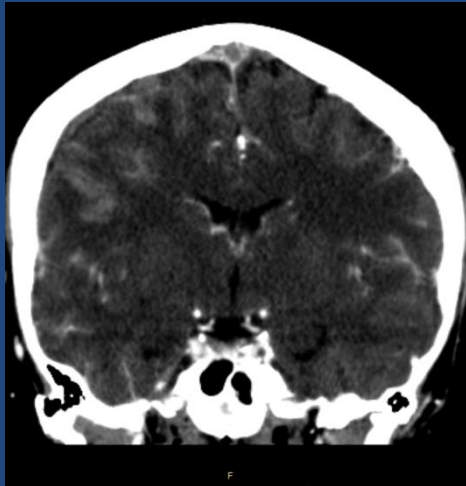
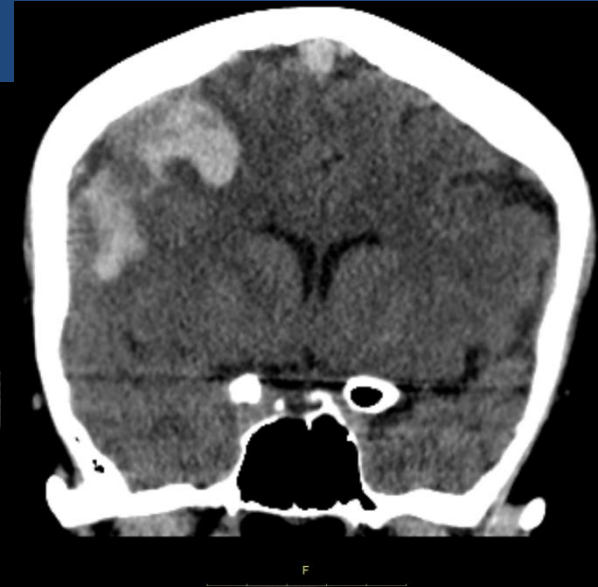
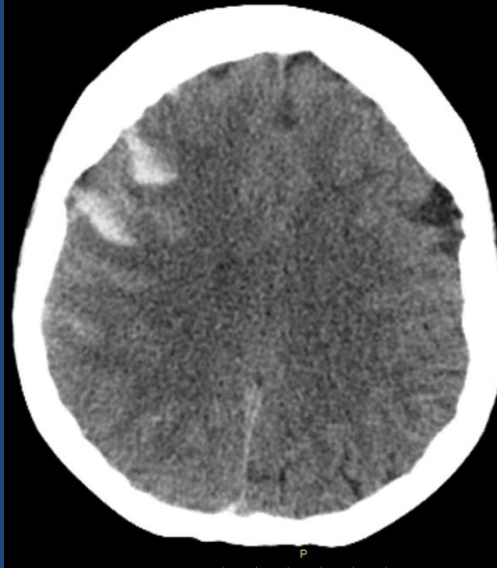
Potilastapaus 6

- Puolen vuoden aikana tihentyen vasemman posken, nenänpielen ja ylähuulen puutuminen, tätä nykyään lähes jatkuvana. Posken ilmoittaa kivulle ja kosketukselle alentuneeksi. Muu neur.status on normaali. Tehdään demyelinaatio yms. vaihtoehtojen selvittämiseksi pään magneettikuvaus.



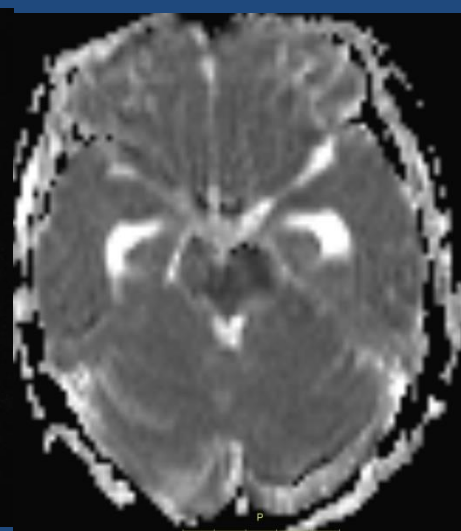
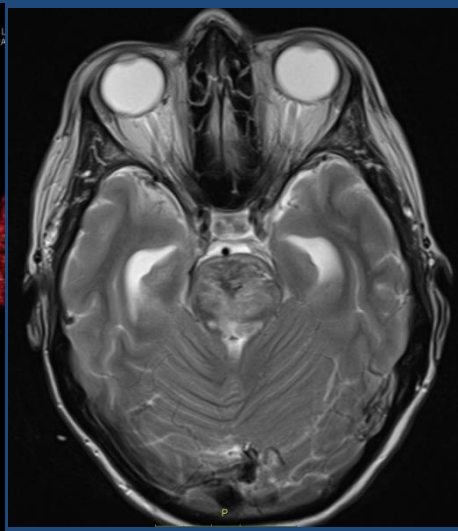
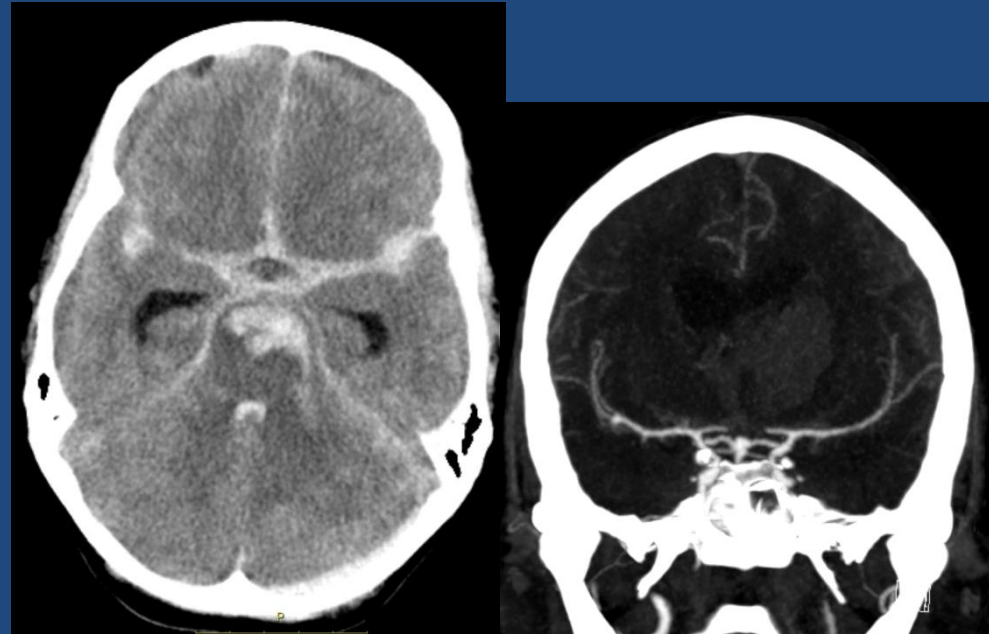
Potilastapaus 7

- Migreeni perussairautena. Nyt aamusta alkanut päänsärky ja vas käden heikkous. Oireisto edennyt niin, että nyt vasen hemi täydellisenä. Päänsärky lakannut. Tulee liuotuskandina 10 min päästä.



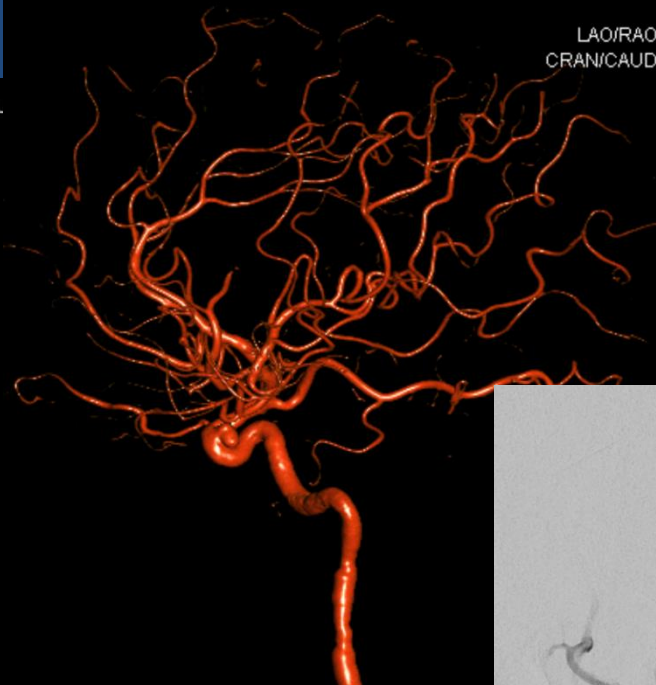
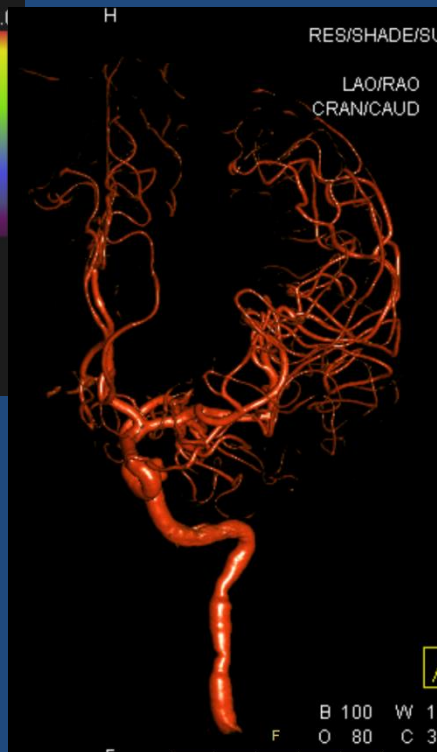
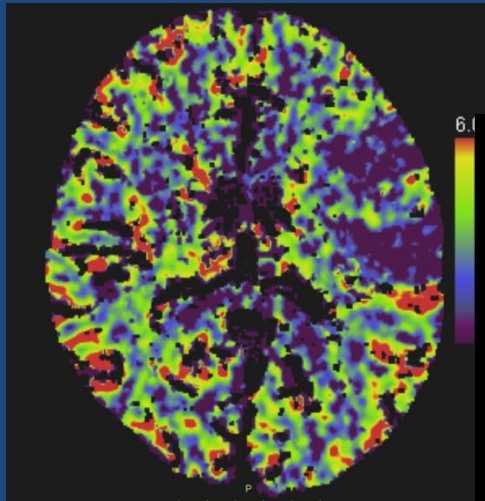
Potilastapaus 8

- Ennakkoilmoituksella Keuruulta. Alkostaustaa. Nyt kouristanut ja mennyt sitten tajuttomaksi, yhä tajuton ennakkoilmoituksen tuilessa. P.k. pään CT, onko AVH:öön viittaavaa



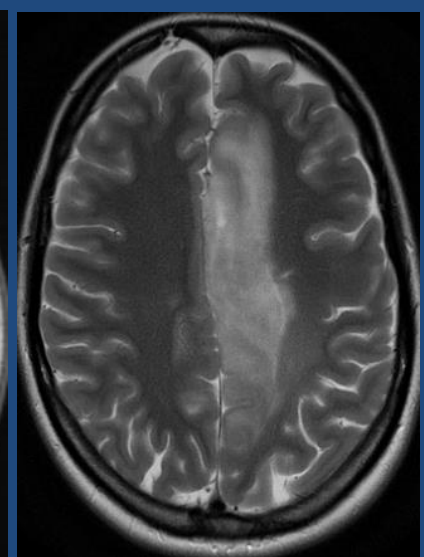
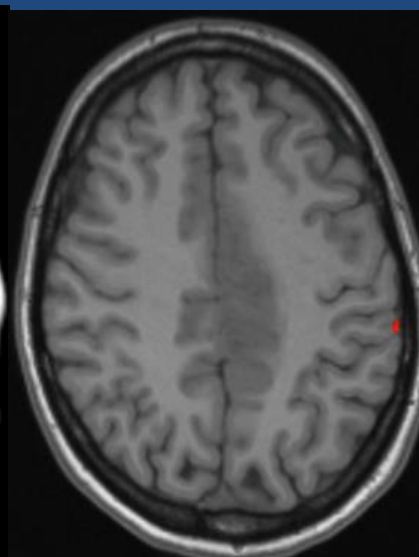
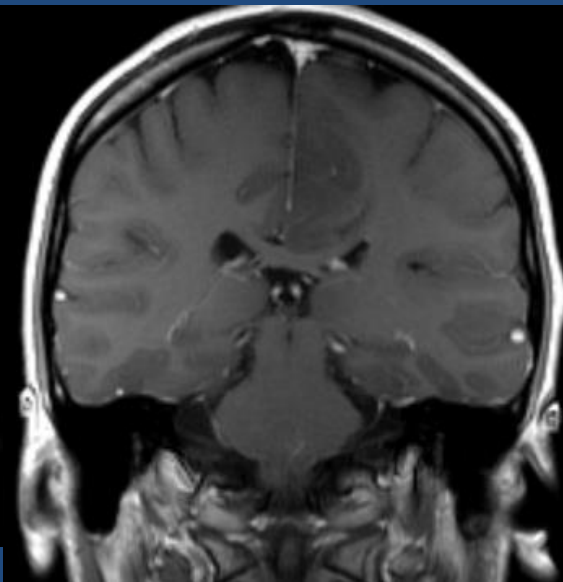
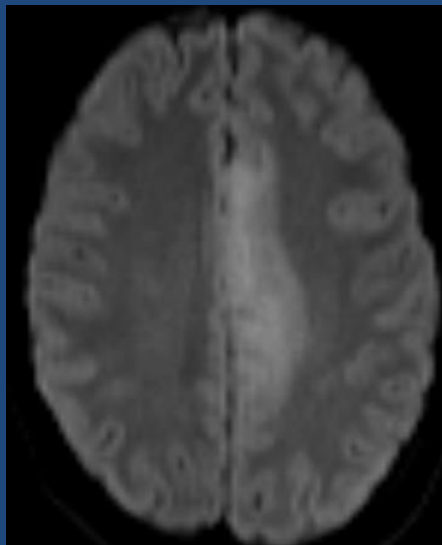
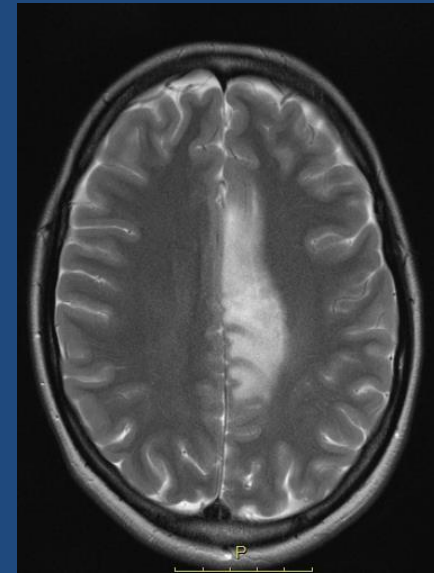
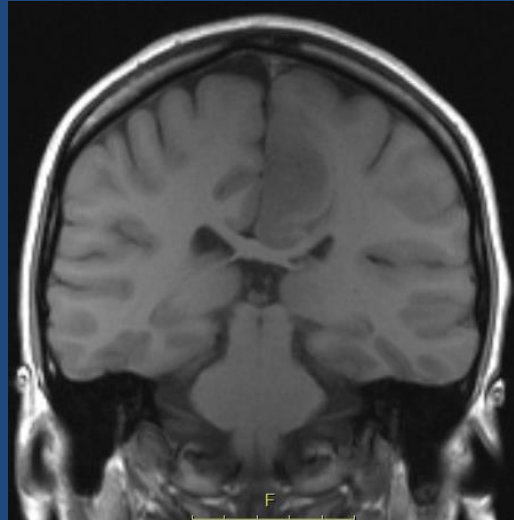
Potilastapaus 9

- Ennakoilmoituksella shokkariin. Varsin terve mies, joka kotona 10.37 kaatunut lattialle, puhe puuromaista ja oikea puoli veltoksi. Liutuskandidaatti.



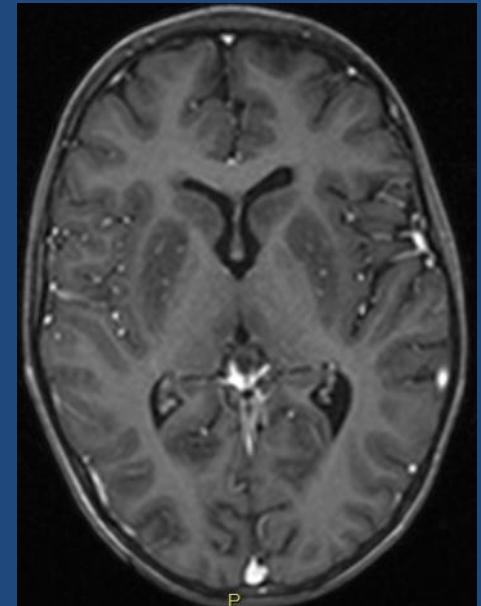
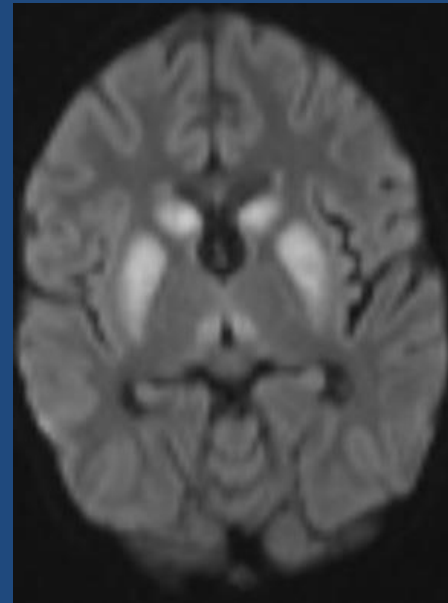
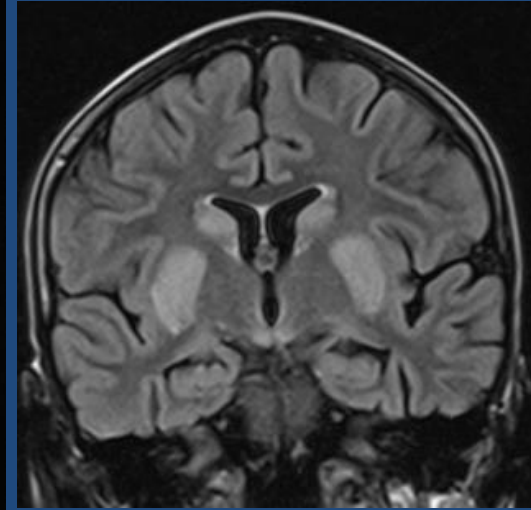
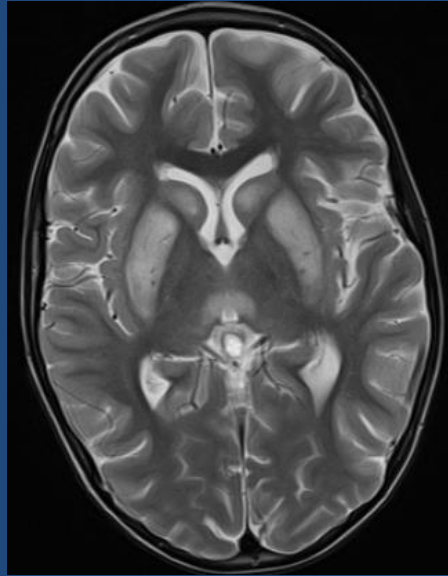
Potilastapaus 10

- perusterve 21v nainen joka kaupungilla kaatunut rapuissa, mennyt tajuttomaksi ja kouristanut symmetrisesti. Neur st ok. Ei aiempia kouristuksia.



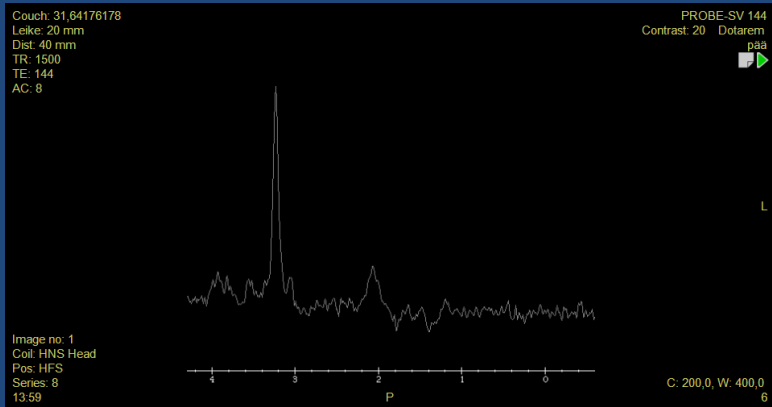
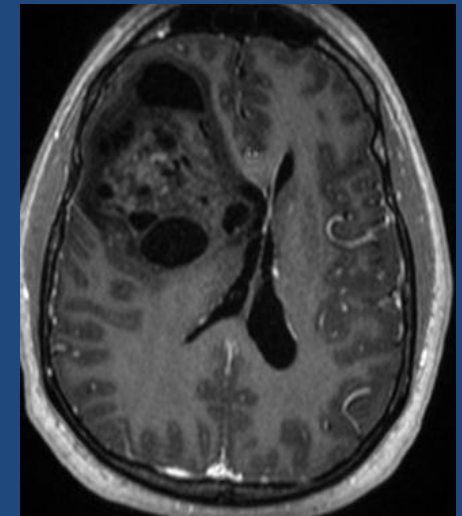
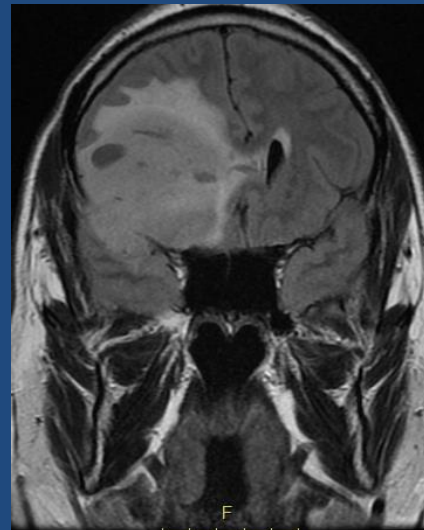
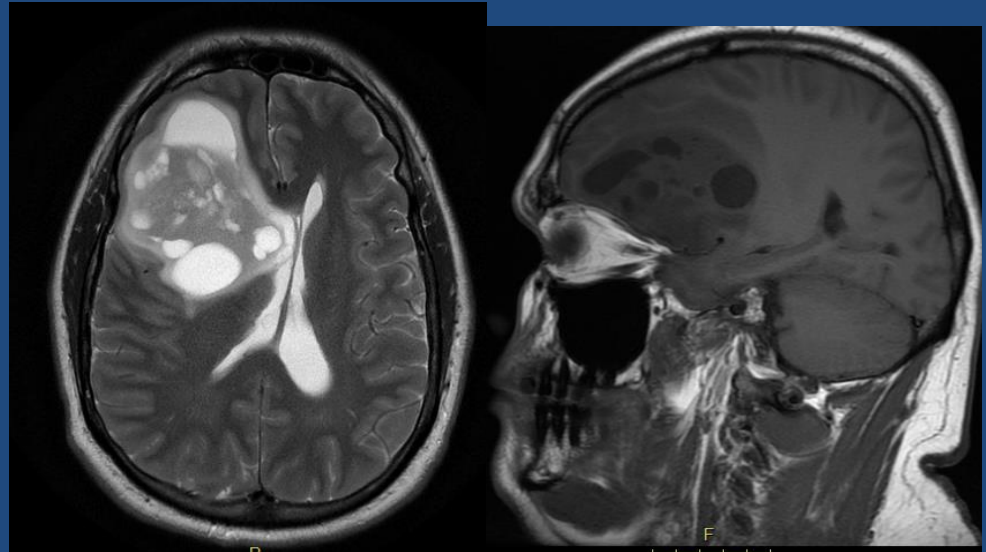
Potilastapaus 11

- rhabdomyosarkooma, johon syt. hoitot menossa. Potilaalla ed. viikolla ollut kaksoiskuvia, jotka ajateltu skopolamiinilaastarin haitoiksi. Nyt syt. hoidon saatuaan on selvästi poikkeuksellisen flegmaattinen, ei käytännössä liiku lainkaan, ei jaksa puhua. Puristusvoimat käsissä symmetriset, mutta ei jaksa pitää silmiä auki. Katse ei ole konjugoitunut, silmissä nystagmusta. Pk pään mri, poikkeavaa väsymystä selittävää? Wernicken enkefalopatia?



Potilastapaus 12

- Perusterve mies, jolla päänsärkyoiretta ollut noin kuukauden ajan. Oireeseen liittynyt pahoinvointia, huimausta ja puheentuoton ja ymmärtämisenkin ongelmaa. Migreeninä hoidettu ja Färkkilän tipalla oire helpottanutkin hetkeksi. Neurologinen status kunnossa.



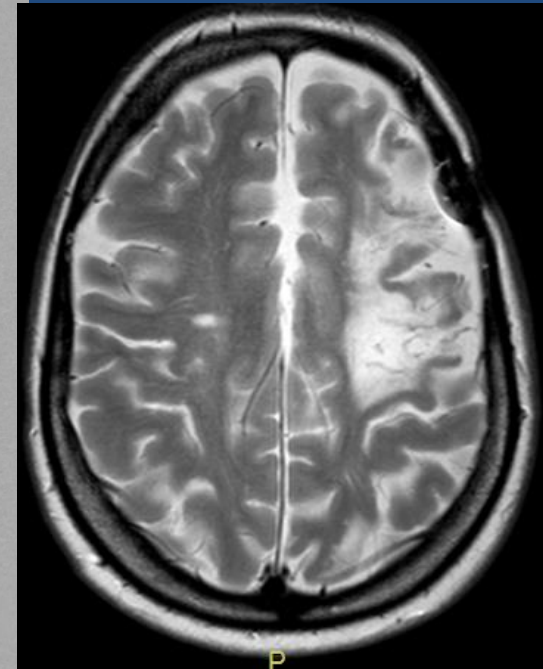
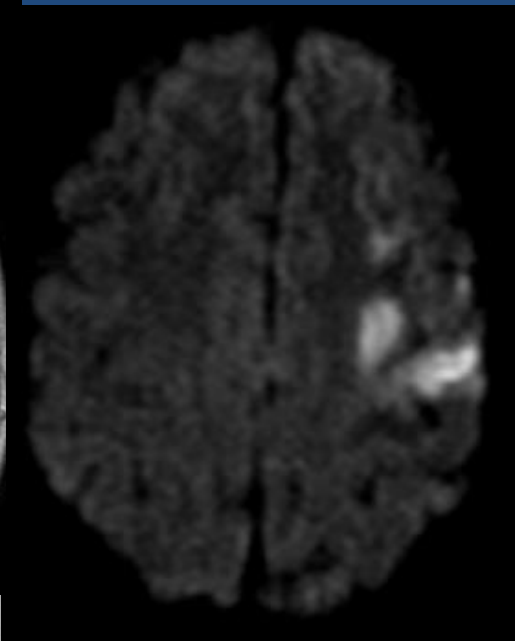
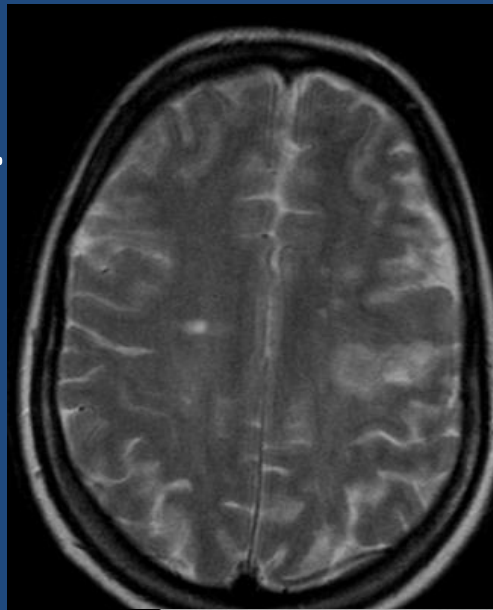
Potilastapaus 13

- Perusterve, ei lääkityksiä.
Vasemmanpuoleista iskiasoiretta ja eilen alkanut ratsupaikkaoireyhtymä.
St: sfinkteritonusta ei ole, pakara, takareisi ja kivesten tuntopuutos.
Myös vas jalkaterän S1 dermatomilla tuntopuutos. Vas varvasnousu ei onnistu.



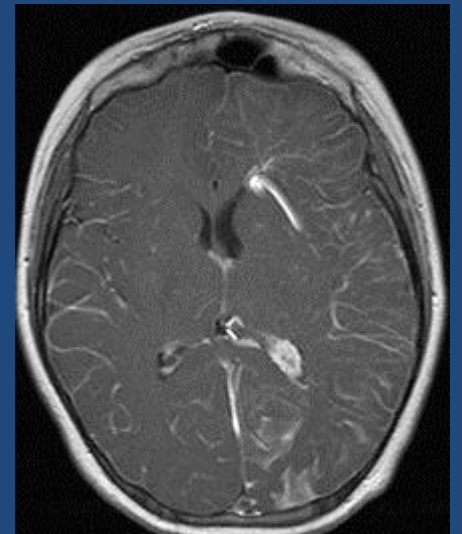
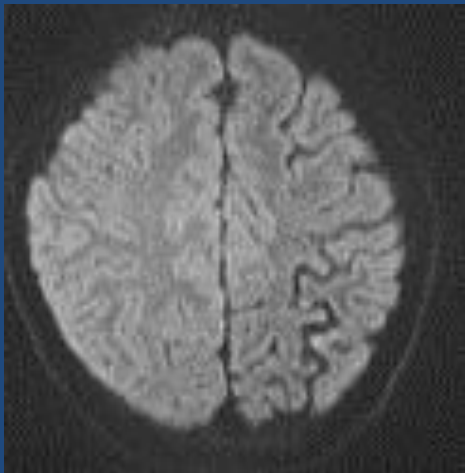
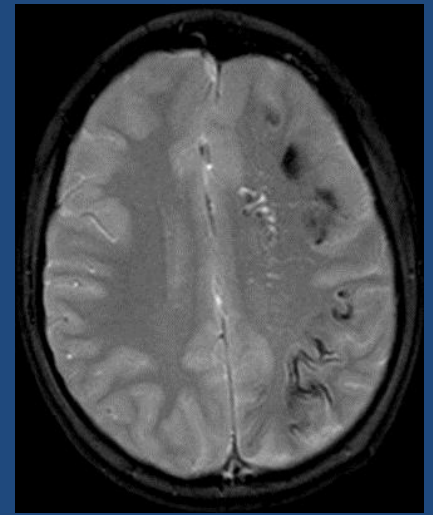
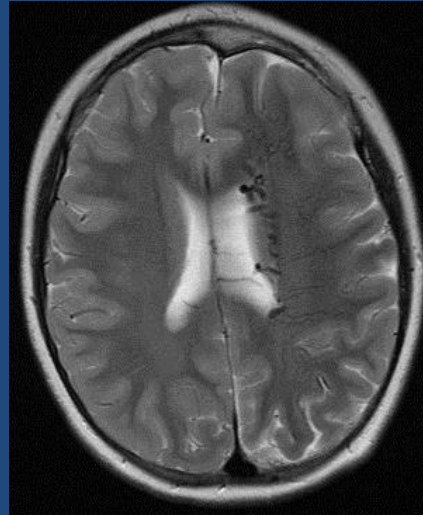
Potilastapaus 14

- 24 v nainen, jolla lis invalidisoivaa oik käden puutumista, kömpelyyttä, lisäksi samanaikaisesti oik suupielen puutumista ja epäilty myös oik suupielen roikkumista. Kohtauksittain dysartriaa. STatuksessa oik yläraajan kosketustunto alentunut, ilm kaksoiskuvia oik lat kaksoiskuvia, snk kömpelömpi oikealla. Likvorissa ei leukosytoosia, proteiinit norm



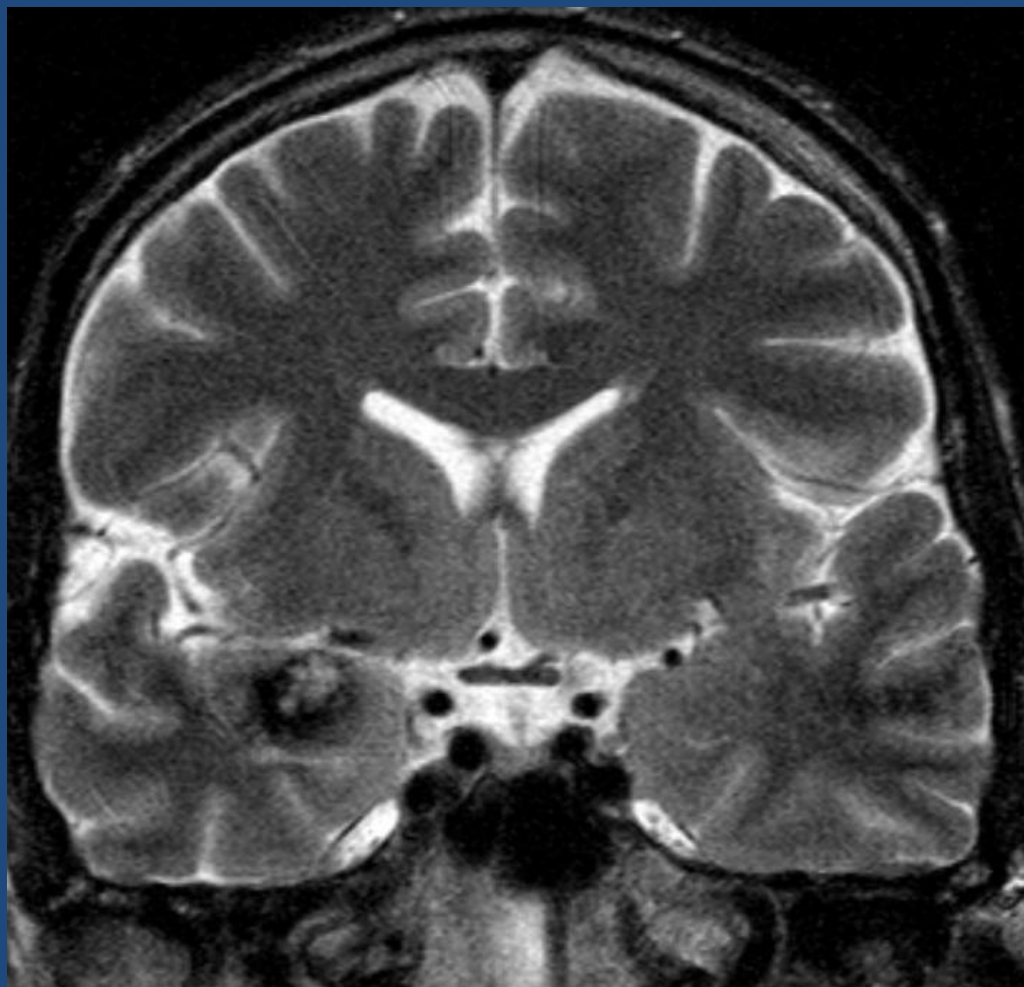
Potilastapaus 15

Mahdollinen epilepsia. Port
viini luomia, henkinen
jälkeenjääneisyys.



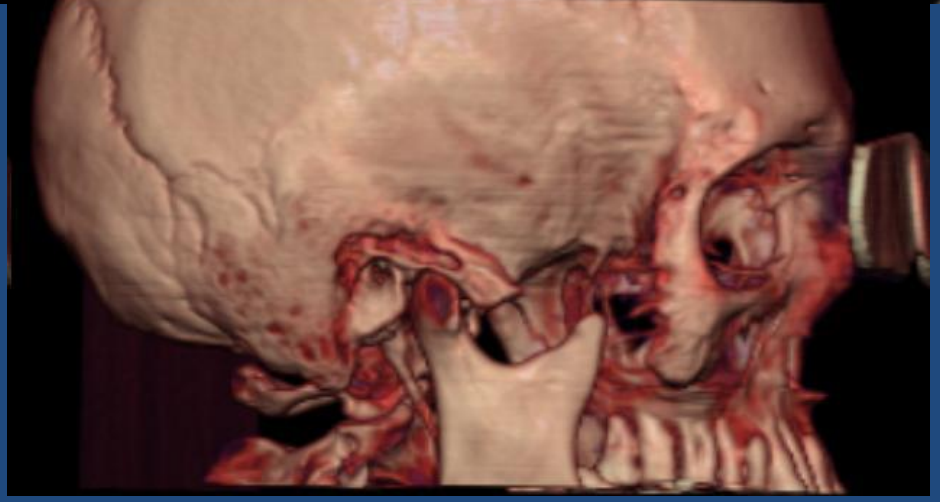
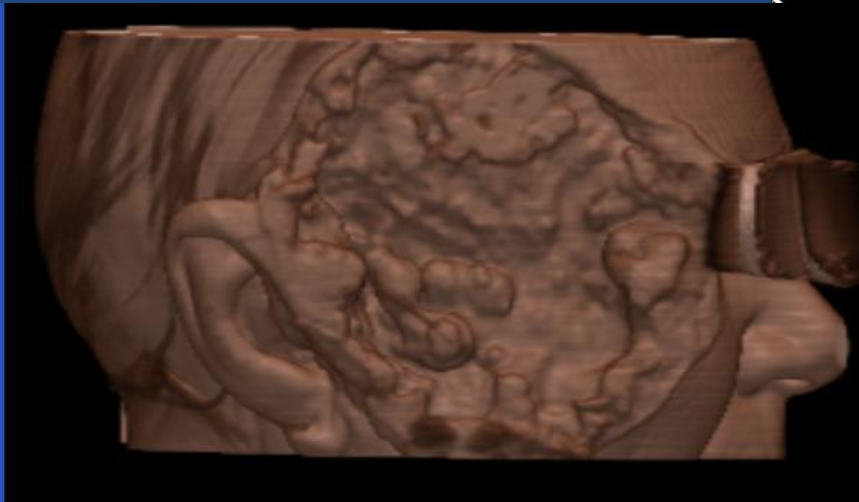
Potilastapaus 16

- Terve 51-vuotias mies, vähitellen lisääntyen ohimolohkoepilepsiaan sopivia kohtauksellisia oireita. Kohtauksissa on ennakoiva tuntemus: Kalpenee, liikehtii (yrittää estää kohtauksen tuloa), suun ilme muuttuu, iho menee kananlihalle, silmät hieman vetistävät. Saattaa äännellä ähkäisevästi. On koko ajan tajuissaan, pystyy kommunikoimaan. Jälkikäteen voimaton olo. Kohtaukset herättävät myös yöllä.
- Oireita vaihdellen 3 - 5/vrk.



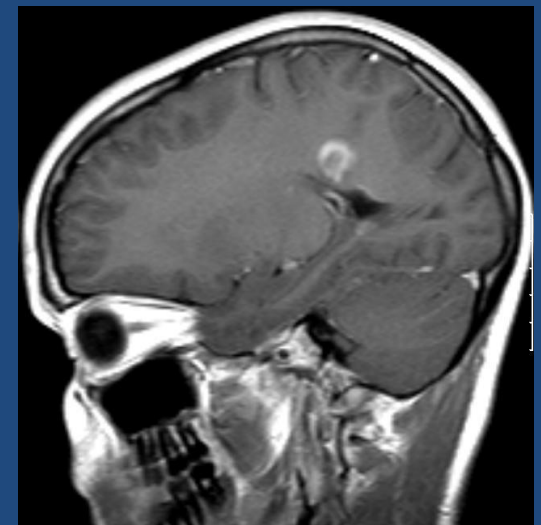
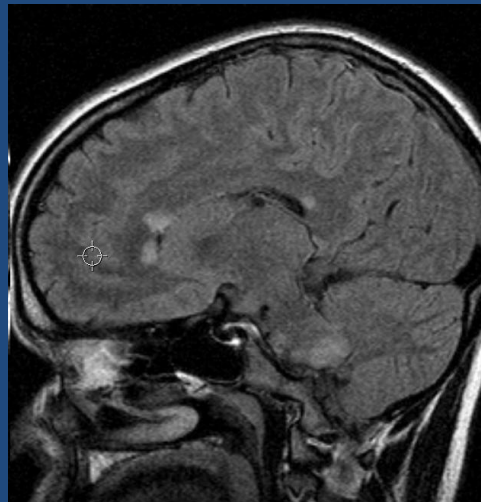
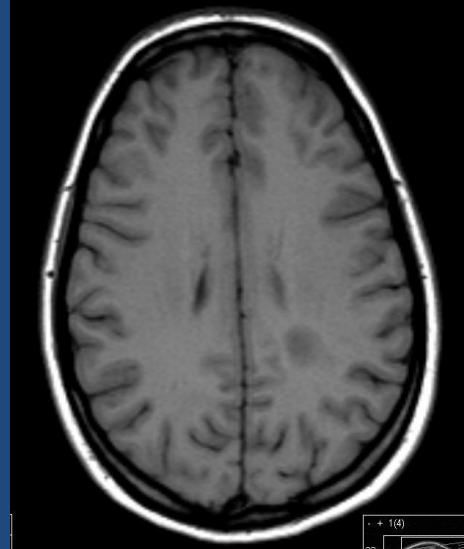
Potilastapaus 17

- 55 vuotias nainen.
Laaja 11-12cm
kokoinen haiseva ulcus
oikealla silmän ja
korvan välissä. Ulottuu
korvakäytävään ja
silmän
lateraalikantukseen.



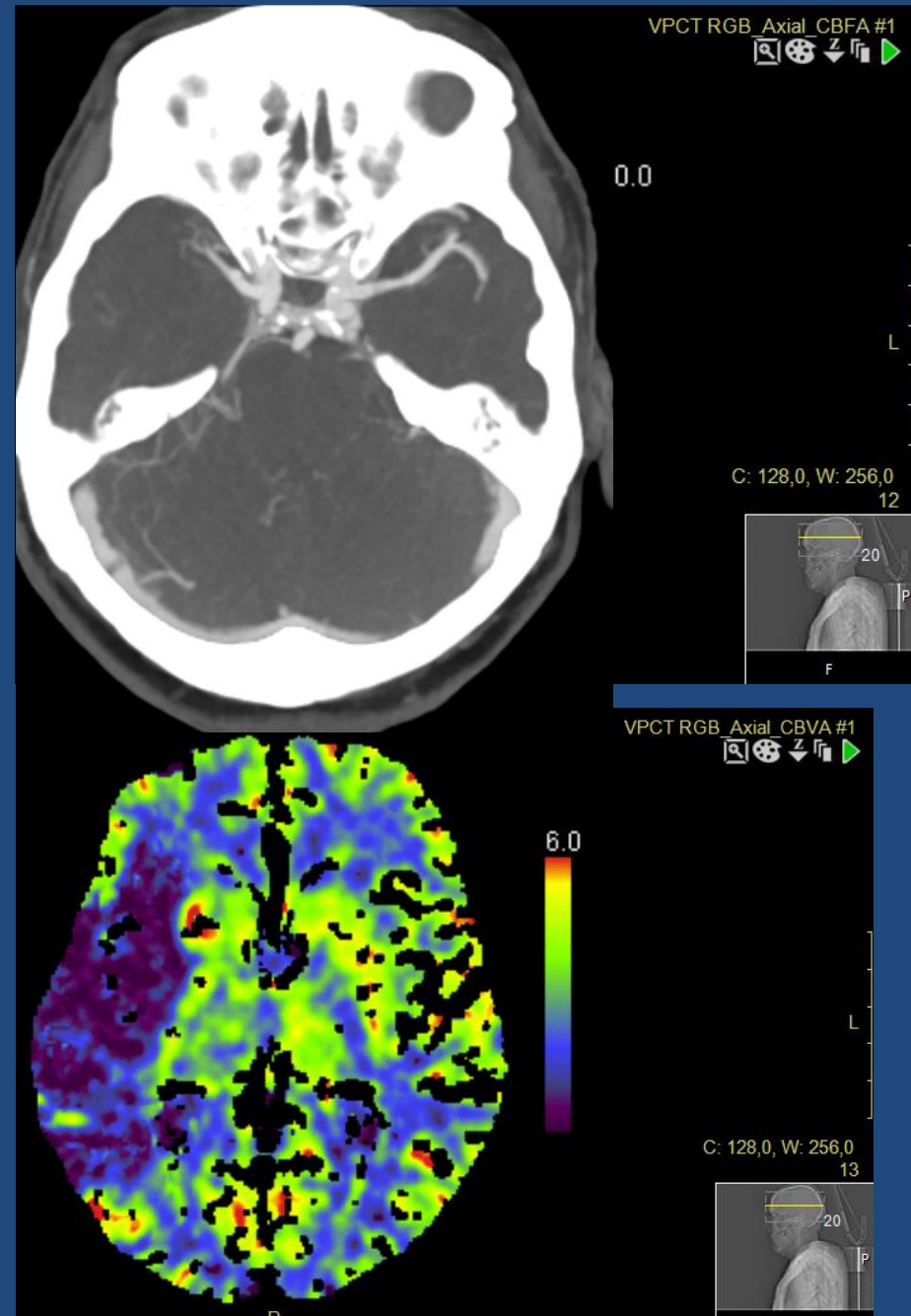
Potilastapaus 18

- 20v nainen, perusterve. 2 kk päänsärkyä, kasvojen ja raajojen puutuneisuutta+ tasapainovaikeuksia.



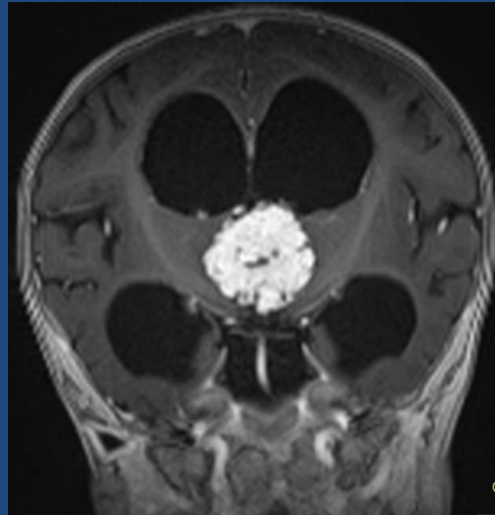
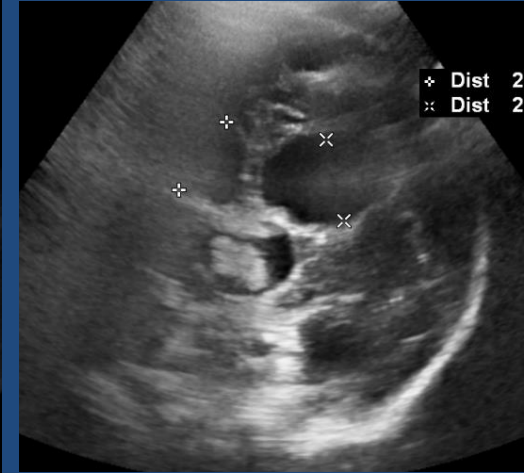
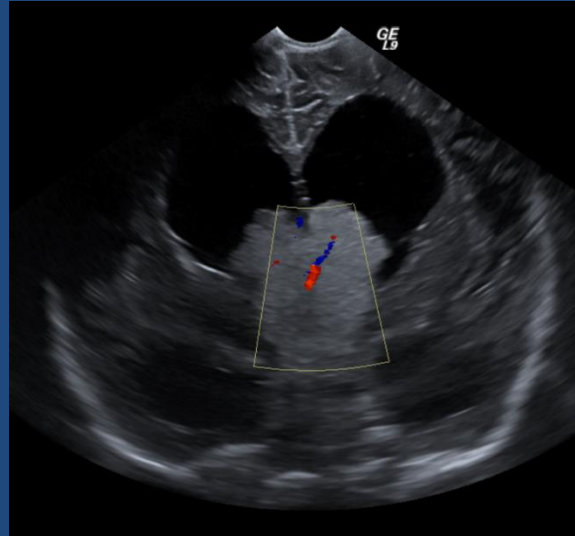
Potilastapaus 19

- 68 v rouva, RR-tauti, astma ja näihin lääkitykset. Tänä aamuna klo 8 herännyt ja lähttt vuoteesta ylös, jolloin havaittu, että vasen puoli ei toimi, kaatunutlattialle



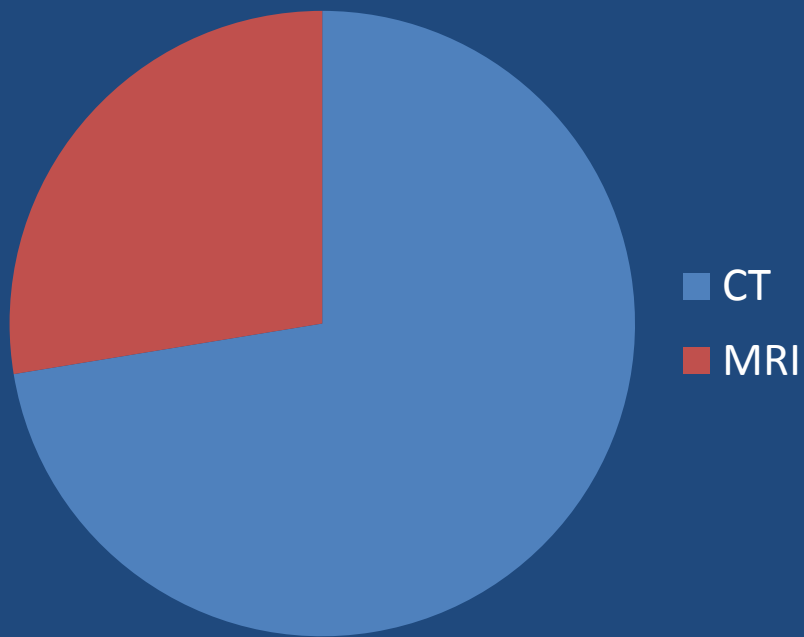
Potilastapaus 20

- ikää vajaa 9kk.
Lastenneurologialle tullut lähete päänympäryskäyrän nopeasta noususta, käännetty päivystykseen. Lastenneurologin konsultaation perusteella pyydetään aivojen UÄ (aukile vielä jonkin verran auki), kammiot laajentuneet?

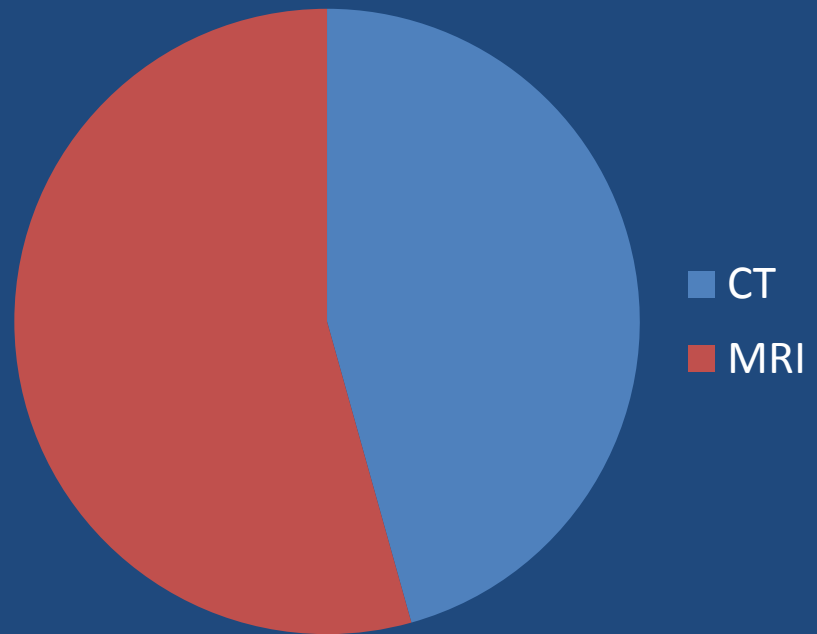


Pään kuvantaminen 2014

Pään kuvantaminen 10000
kpl



Pään kuvantaminen
kustannus 1,5 milj €





Carcharhinus longimanus
Daedalus reef 18.10.2007