

Semmelweis Egyetem ÁOK
Gyakorlati neuroradiológia
2022.02.18. 14:30 – 16:15

A neuroradiológiában használatos eszközök és módszerek

Martos János
Országos Mentális, Ideggyógyászati és Idegsebészeti Intézet

Mivel foglalkozik a neuroradiológia?

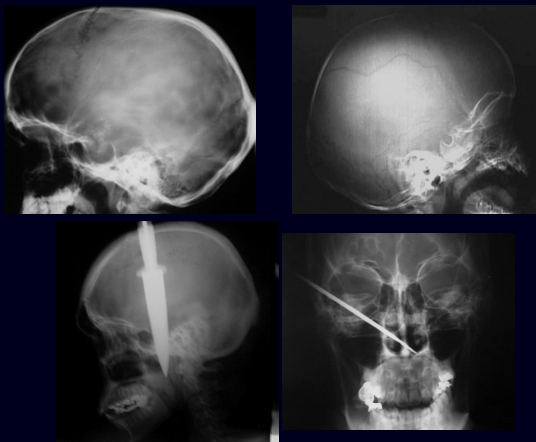
A központi idegrendszer - az agy és a gerincvelő, valamint ezek környékének - a koponya és a gerinc megbetegedéseinek vizsgálatával, intervenciók diagnosztikai és terápiás eljárásokkal.

Hagyományos neuroradiológiai vizsgáló módszerek

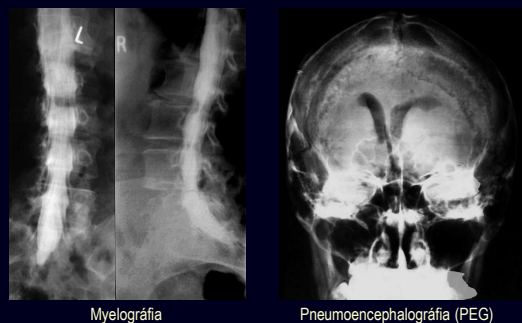
- Natív röntgenvizsgálat
- A likvorterek kontrasztos vizsgálata:
 - pneumoencephalográfia (PEG)
 - jód-ventriculográfia, jód-cisternográfia
 - myelográfia
- Angiográfia
 - hagyományos, lapfilmváltós
 - szubtraktív angiográfia

Modern vizsgálati technikák

- Komputertomográfia (CT)
- Mágneses Rezonanciás képalkotás (MR)
- Digitális Szubtraktív Angiográfia (DSA)
- UH, Color-duplex UH, TCD
- Myelográfia, myelo-CT
- (Intraoperatív angiográfia, jód-cisterno-, ventriculo-, cystográfia)
- Neuro-nukleáris medicina (SPECT, PET)

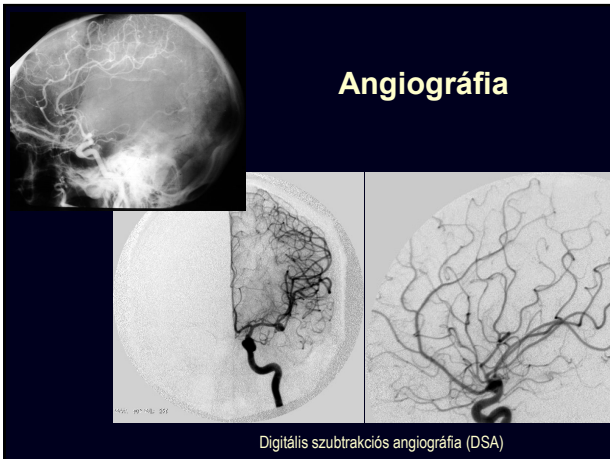


Hagyományos vizsgáló módszerek



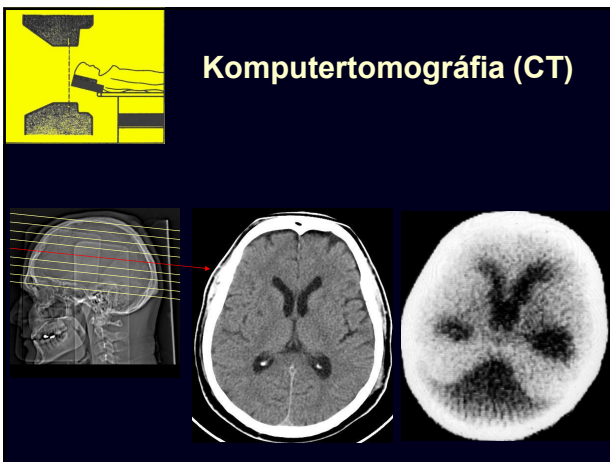
Myelográfia

Pneumoencephalográfia (PEG)



Modern képalkotó diagnosztika

CT	MR
<p>Prioritás:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sürgősségi kérések, csontok, akut vér - betegmenedzselés - könnyű hozzáférhetőség - gyors 	<p>Az agyállomány szerkezete, szöveti integritása, viabilitása, agyfelszín</p> <ul style="list-style-type: none"> • Morfológia • MRA • MR spektroszkópia • MR perfúzió • Diffúziós MR • Funkcionális MR • MR tratográfia
<ul style="list-style-type: none"> • Natív • Kontrasztos • CTA • CT perfúzió 	



A CT története

1974

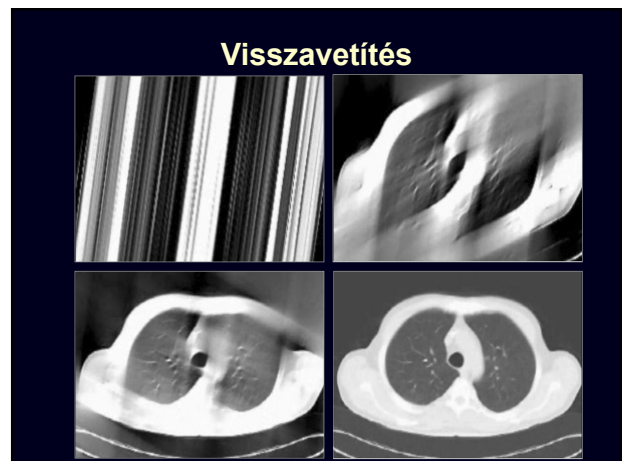
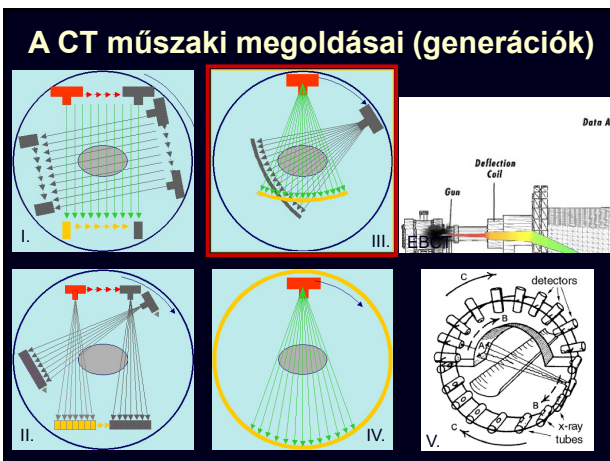
Godfrey Hounsfield (EMI) készítette az első gyakorlati megvalósítást 1972-ben.

Johann Radon 1917-ben fektette le matematikai alapjait (Radon transzformáció).

Willi Kalender (Erlangeni Egyetem), spirál CT, 1988

Allan Cormack (Tufts Egyetem) 1963-ban közölte a CT matematikai lehetőségét a Radon transzformáció alapján.

1972



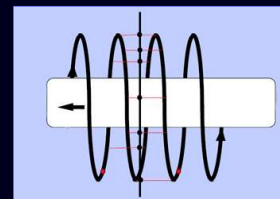
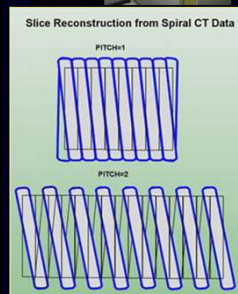
CT típusok

Egyszeletes CT
 Többszeletes (többdetektorsoros) CT
 Kétsőves CT
 Nagynyílású CT
 Flat-panel CT, C-íves CT, Cone-beam CT
 SPECT-CT, PET-CT
 Technikai CT-k, micro-CT, nano-CT

14:45

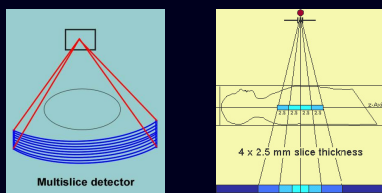
Spiral CT

A spirál CT nem egy készüléktípus, hanem egy módszer (Kalender).



szeletvastagság ≠ effektív szeletvastagság

Többszeletes CT



Elnevezések:

- ☞ Multislice CT - MSCT - Többszeletes CT
- ☞ Multidetector CT - MDCT - Többdetektoros CT
- ☞ Multi-row detector CT - Többdetektorsoros CT

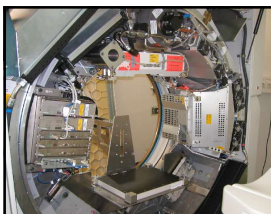
Többszeletes CT lehetőségek

Maximális szeletszám: 1, 2, 4, 6, 8, 10, 16, 20, 24, 32, 40, 64, 128, 256, 320
 Körbeforgási sebesség (sec): 1, 0.8, 0.6, 0.5, 0.4, 0.37, 0.35, 0.33, 0.27, 0.24
 Maximális szelet/sec: 1, 5, 10, 15, 20, 25, 40, 80, 194, 731, 776, 914

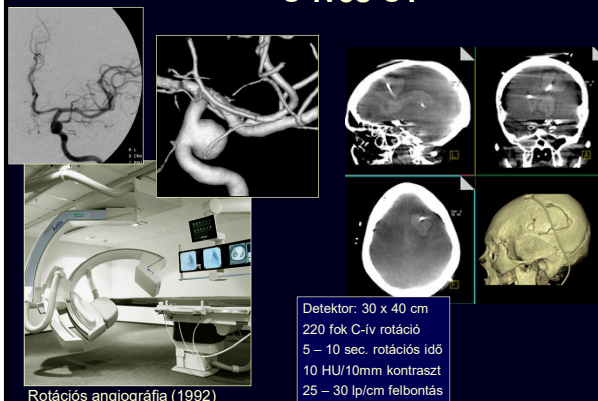
A szimultán mérhető szeletek száma = a detektorsorok számával! (pl. alternáló fókusz)

Flat Panel CT

A teljes szerv, vagy régió scanelése nagy felbontással, egyetlen rotációival.
 Dinamikus kontraszt vizsgálatok
 CT angiográfia/DSA
 Cardio CT
 Intervenció 3D fluoroszkópiás kontrol alatt.



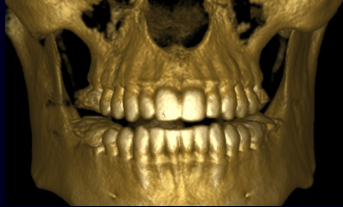
C-íves CT



Rotációs angiográfia (1992)

Detektor: 30 x 40 cm
 220 fok C-ív rotáció
 5 – 10 sec. rotációs idő
 10 HU/10mm kontraszt
 25 – 30 lp/cm felbontás

Cone-beam CT



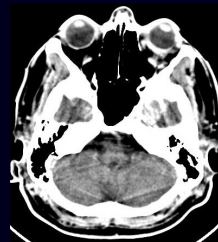
A multislice CT előnye



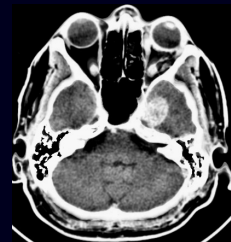
Neuroradiológiai előnyök

- ☺ Nagyfelbontású 3D ábrázolás (neuronavigáció)
- ☺ Artefaktum mentes intracranialis képalkotás
- ☺ Az intracranialis képalkotás artefaktumainak jelentős csökkenése
- ☺ Perfúziós CT kiterjedt agyterületen
- ☺ Az akut stroke gyors és komplex diagnózisa
- ☺ Az agytumorkok funkcionális diagnosztikája
- ☺ A supraaortikus és intracranialis erek nagyfelbontású CTA ábrázolása
- ☺ DSA technika lehetősége a CTA-ban
- ☺ Szelektív vaszkuláris képalkotás

Csont artefaktumok csökkentése

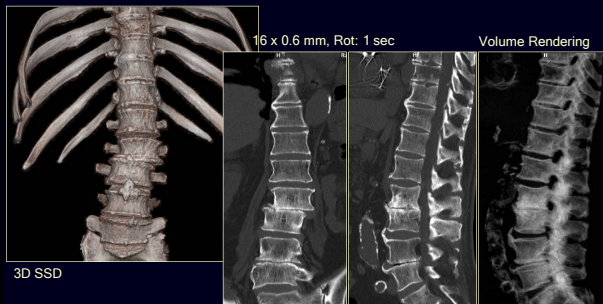


4 mm

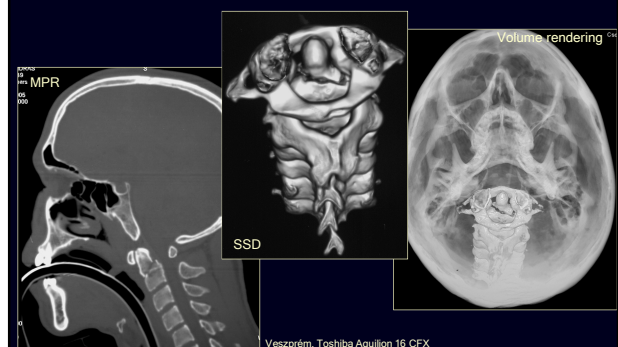


4 x 1 mm

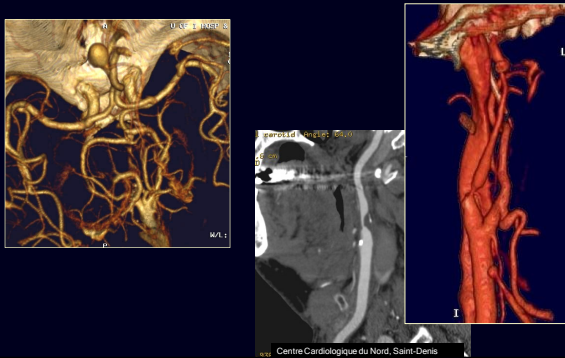
3D rekonstrukció



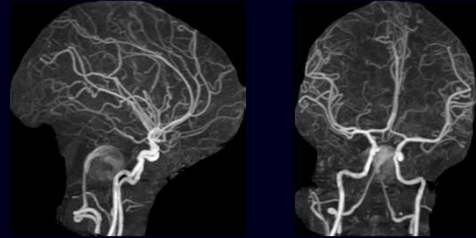
3D rekonstrukció



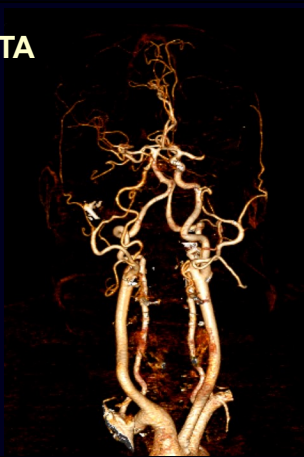
CT angiográfia



CT angiográfia

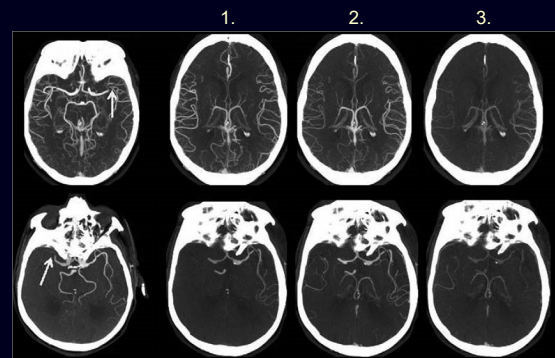


CTA

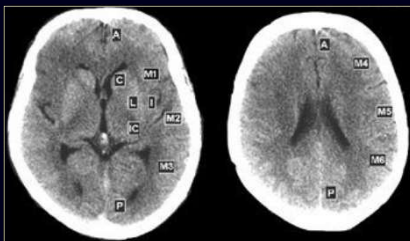


15:00

Multifázisos CT angiográfia



Alberta Stroke Programme Early CT Score



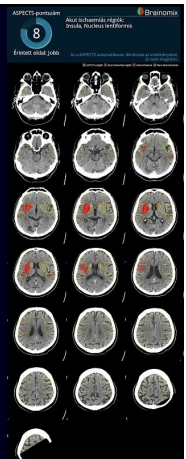
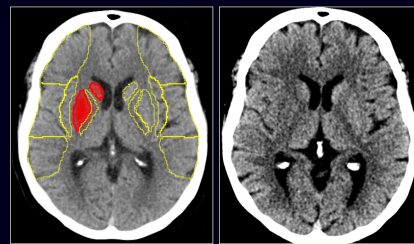
10 vizsgálendő terület:
6 corticalis (MCA terület)
3 törzsduci,
1 insularis

Kvantitatív lehetőség: 0-10
(<7 a recanalizáció indikáció határa)
1/3 MCA hypodenzitás

Barber PA et al. The Lancet 2000;355:1670-74

Brainomix

e-ASPECTS



Az e-ASPECTS automatikusan létrehozta az eredményeket.
Ez nem diagnózis.

Perfúziós CT

A CT érték arányos a szövetekben levő kontrasztos vér mennyiségével

González, 2007
BFOV 25,0 cm

Típusos idő/denzitás görbék
(time/density curve, TDC)

Perfúziós CT

Dinamikus - funkcionális CT

Siemens brossura

MTT: mean transit time
 CBV: cerebral blood volume
 CBF: cerebral blood flow
 TTP: time to peak
 TA: time to arrival

$CBV = \int Cdt / \int C_{AIF}dt$
 $MTT = \int Cdt / C_{max}$
 $CBF = CBV / MTT$

CBV-area under the curve (AUC) [parenchyma/artéria]

Dózis!

Cleveland.com

Koponya CT orientáció

Belső vonal
 Orbito-meatalis vonal
 Spirál mód

Dózis probléma

NCI Cancer Bulletin 2010

1980

Total ~3.6 mSv

2.4 mSv Natural background
0.83 mSv Medical sources
0.33 mSv All other sources (nuclear, occupational, consumer products)

2006

Total ~4.8 mSv

2.4 mSv Natural background
3.0 mSv Medical sources
0.1355 mSv All other sources (nuclear, occupational, consumer products)

Collective Effective Dose (in Germany) 2002

GI 15%, Misc. 16%, Chest 5%, Spine 10%, Urography 2%, CT 35%

Collective effective dose 2006

CT 60%, DSA 21%, Asprop. & interventional 2%, Trau. 1%, Diagnost. & Urogr. 1%, Skizop. & graph. 1%, Dent. 0.2%, Misc. 2%, Remainder 1%

Bundesamt für Strahlenschutz

Dózis probléma

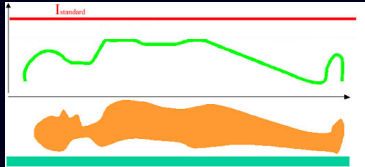
Frequency

Masjedi-2020

Dózis probléma

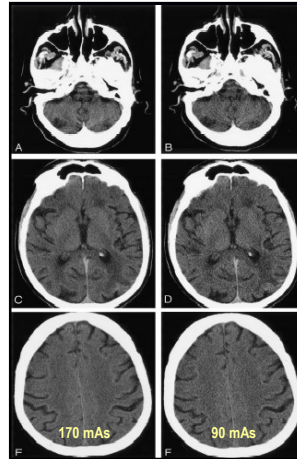
ALARA principle
(As Low As Reasonably Achievable)

Dózis moduláció



Iteratív rekonstrukció (60-80%)

Átgondolt képalkotó diagnosztika!



Folyamatos dózis moduláció

A hagyományos és a dóziscsökkentő eljárásokat használó modern CT-kép minőségének összehasonlítása.

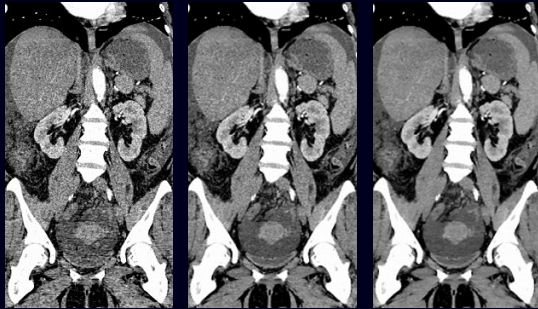
Mark E. Mullins, et al. AJNR April 2004.

Iteratív rekonstrukció

FBP

IR1

IR2



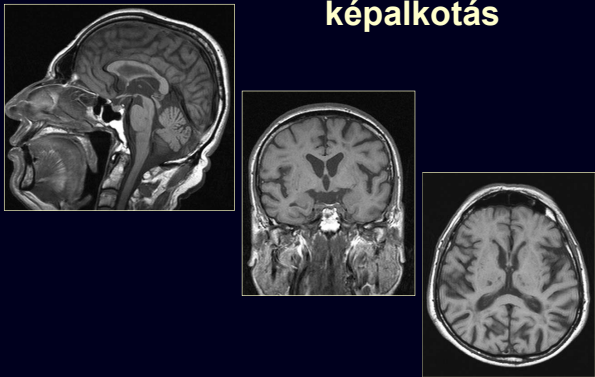
Siemens Brochure

15:15

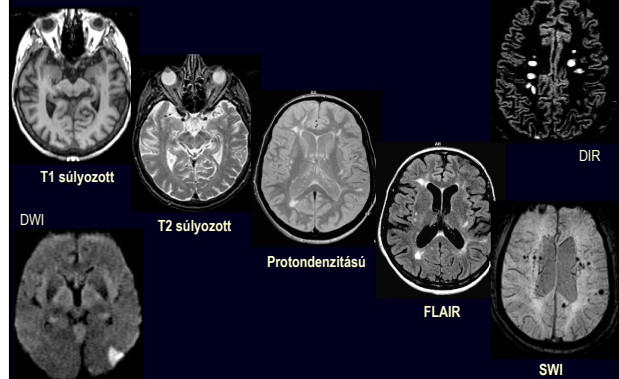
Amit az MR képen láthatunk

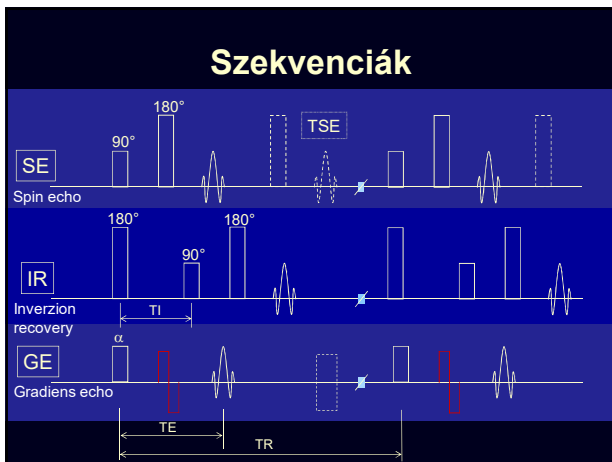
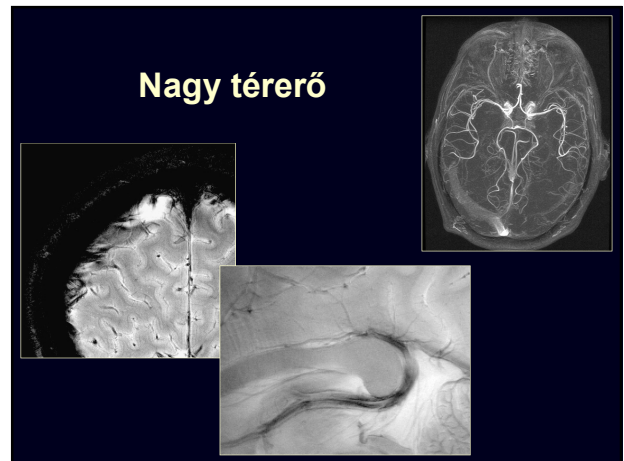
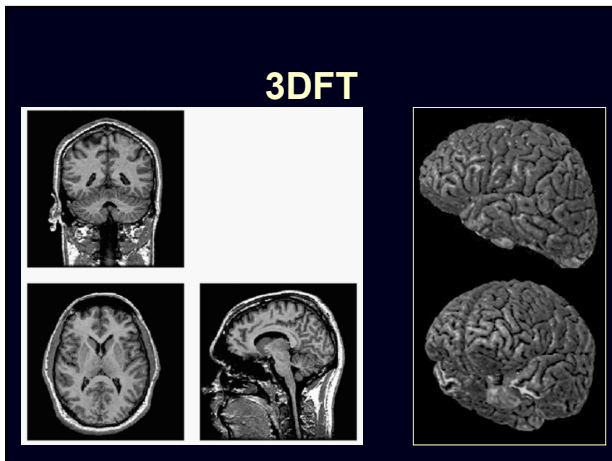
15:30

Multiplanaris képalkotás



Multiparametrikus képalkotás





Az MR jel intenzitása

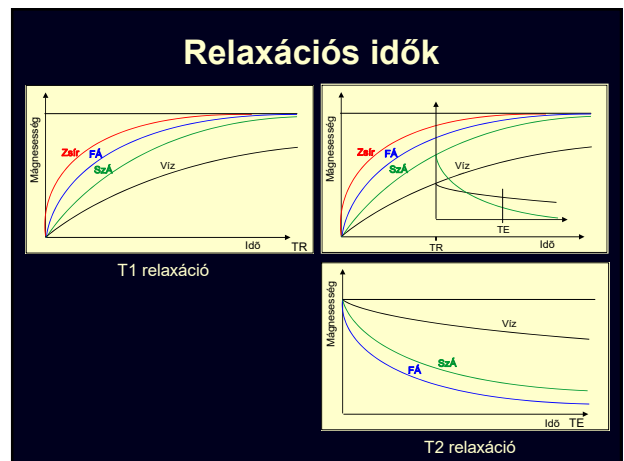
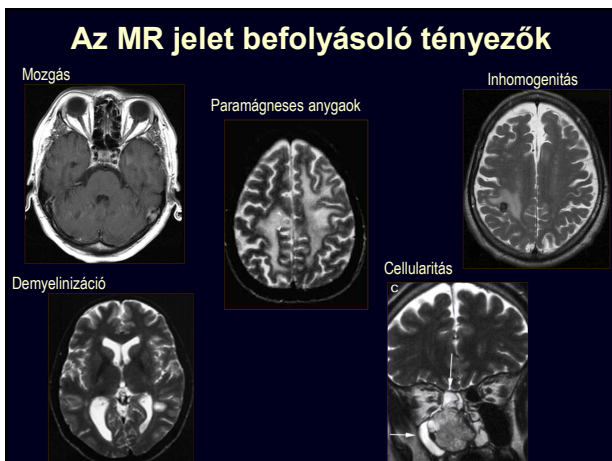
$$S_{SE} \approx P \cdot e^{-TE/T2} \cdot (1 - e^{-TR/T1})$$

$$S = f(P, T1, T2, \Delta, TR, TE, \alpha, Ps)$$

P: protondensitás = f(vízartalom, térerő, hőmérséklet)
T1: T1-relaxációs idő = f(vízartalom, zsírtartalom, szöveti mágnesség, térerő)
T2: T2-relaxációs idő = f(molekuláris és szöveti inhomogenitás)
 Δ : mozgás (diffúzió, véráramlás, liquorpulzáció)
TR: repetíciós idő
TE: echo idő
 α : kibillentési szög (gradiens-echo)
Ps: presaturáció (térbeli, frekvencia szelektív (MTC, FATSAT); inverzió (TI))

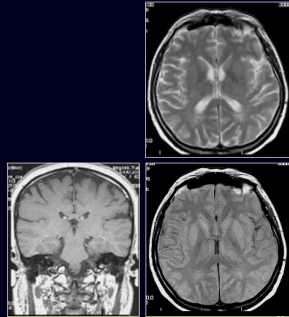
Választható

sejtközötti víztartalom	rostos szerkezet	Paramágneses anyagok, fémek
sejtközötti szerkezet	myelin állapota	
zsírtartalom	cellularitás	Szuszeptibilitás
fehérjeteralom	sejtmag/plasma arány	
cytoplasma	gliosis	

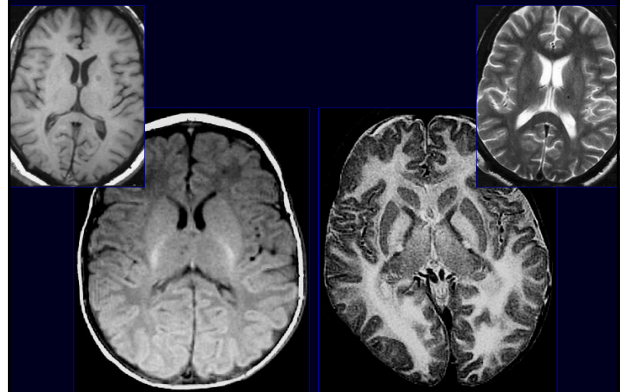


Spin-echo kontraszt

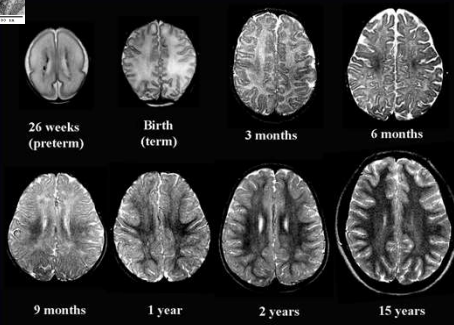
Hosszú TE (70-120 ms)	X	T2 súlyozott
Rövid TE (15-25 ms)		T1 súlyozott
	Rövid TR (500-700ms)	Hosszú TR (2000-2500 ms)



Protodenzitású, T1 vagy T2 súlyozott?

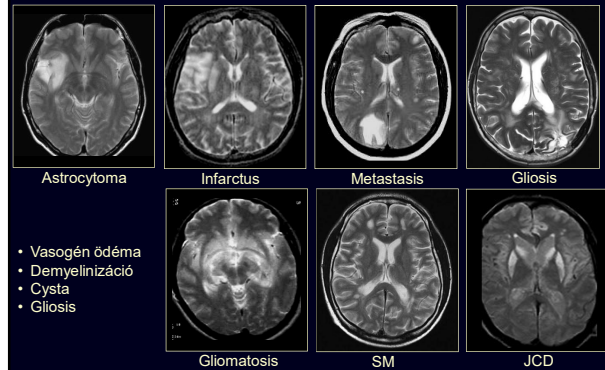


A normális myelinizáció



Evans, 1996

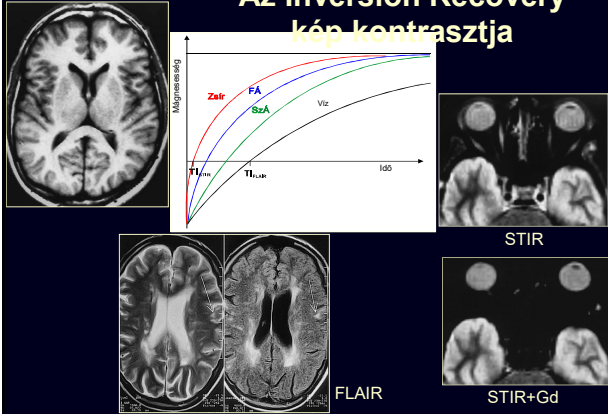
T2 hyperintenzitás



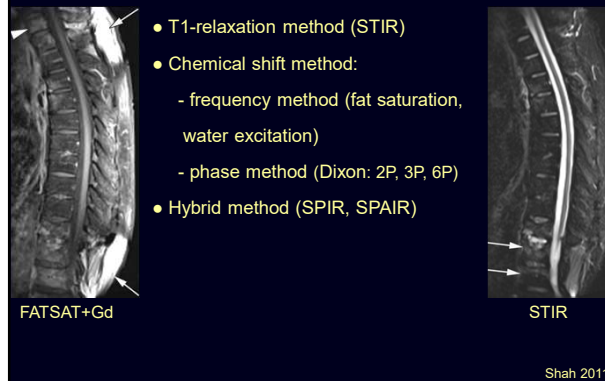
- Vasogén ödéma
- Demyelinizáció
- Cysta
- Gliosis

Erősen T1 súlyozott

Az Inversion Recovery kép kontrasztja



Zsírelnyomás

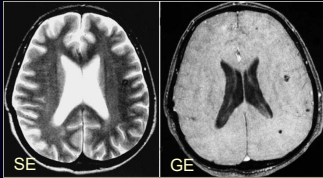
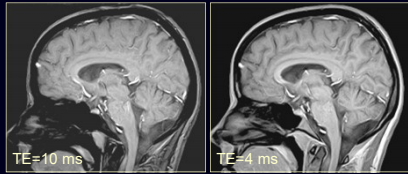


- T1-relaxation method (STIR)
- Chemical shift method:
 - frequency method (fat saturation, water excitation)
 - phase method (Dixon: 2P, 3P, 6P)
- Hybrid method (SPIR, SPAIR)

Shah 2011

A gradiens-echó kép tulajdonságai

Szuszceptibilitás artefaktum



- Az artefaktum kivédése:**
- ⊗ A legrövidebb lehetséges TE
 - ⊗ Spin-echó (gyors spin-echó)
 - ⊗ Kisebb voxel (nagyobb felbontás)
 - ⊗ Nagyobb sávszélesség
 - ⊗ Kisebb térerő

15:45

Műtermékek az MR-ben

⊗ Szuszceptibilitás artefaktum

- ⊗ Rostos szövet hypointenzitása
- ⊗ Hemosensitive FLASH szekvencia
- ⊗ fMRI
- ⊗ Perfúziós MR

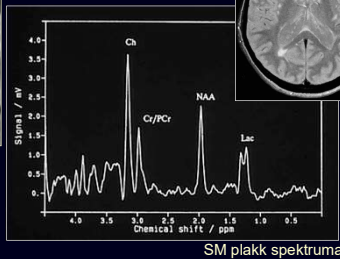
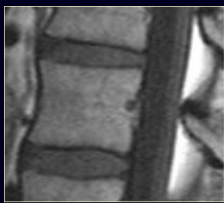
⊗ Mozgási műtermék

- ⊗ Áramlási jelvezetés a SE felvételeken
- ⊗ MR angiográfia
- ⊗ Diffúziós MR

⊗ Kémiai eltolódás (Chemical Shift)

- ⊗ MR spektroszkópia

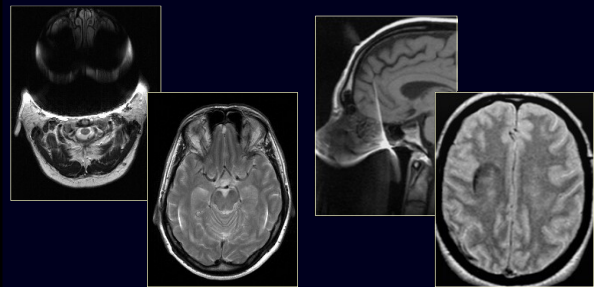
Kémiai eltolódás



SM plakk spektruma

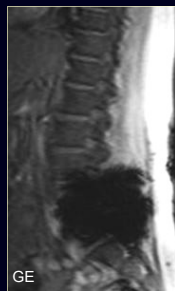
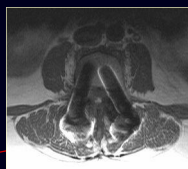
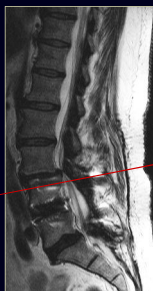
Fém artefaktum

nagy jelű, kis jelű



A többi szekvenciával készült képeken nincs, vagy nem ugyanott van.

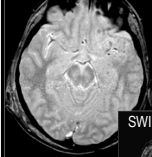
MR kompatibilis implantátumok



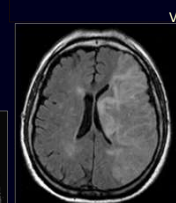
Szuszceptibilitás-súlyozott képalkotás (SWI)

Diffúz axonális sérülés

2D FLASH

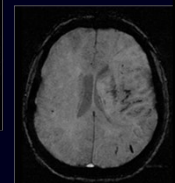


Karen Tong, MD
Loma Linda University



2D FLAIR

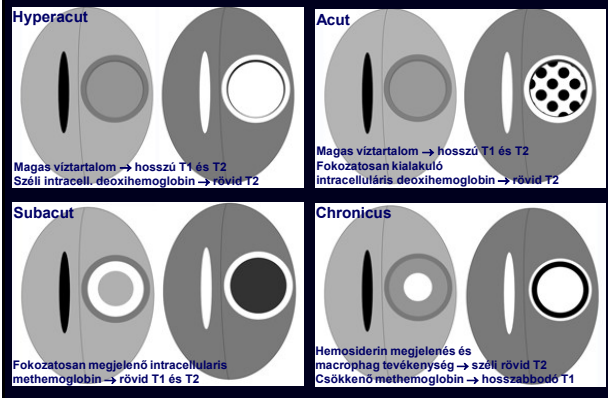
Vérzéses transformáció



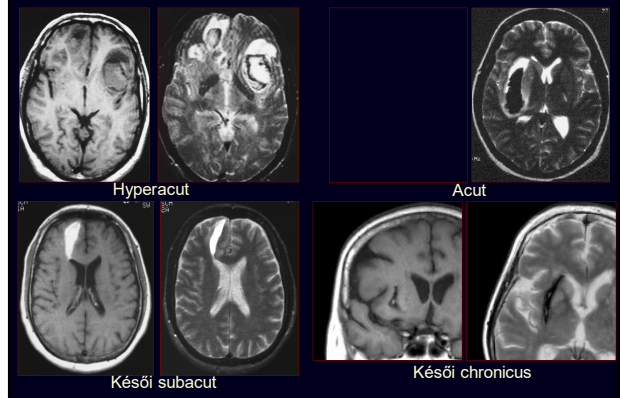
SWI

- Áramlás kompenzált, hosszú TE, GRE.
- A magnitude és a fázis adatok kombinációja.
- 3DFT adatszerzés.

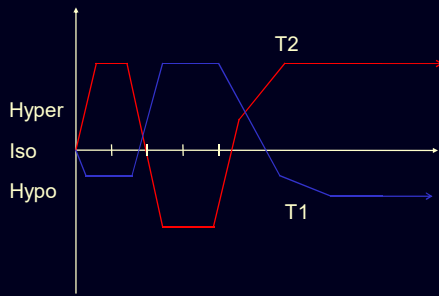
A hematoma MR megjelenésének időbeli változása



A hematoma jelmenet változása

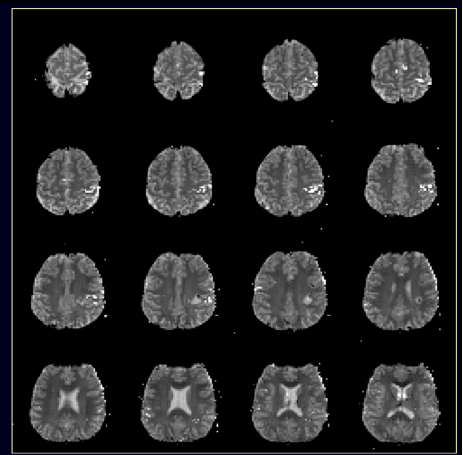


A hematoma MR megjelenésének időbeli változása

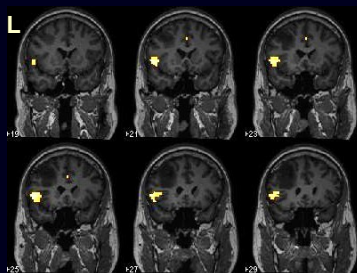


fMRI

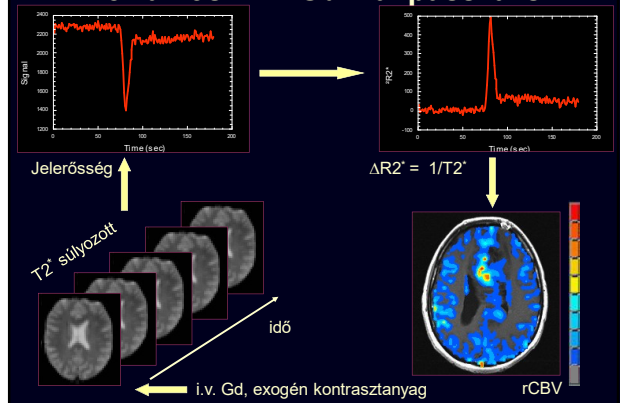
endogén kontrasztanyag
BOLD effect
(Blood Oxygenization Level Dependent) contrast
finger tapping



B.o. frontális low grade glioma Beszédaktiváció



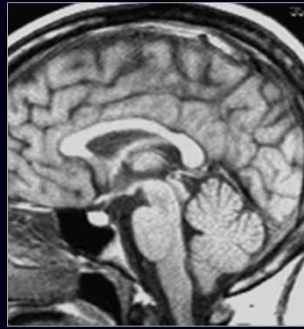
Perfúziós MR: Gd k.a. passzázs



Mozgási műtermék



Szellemképek a fázis kódolás irányában



A beteg mozgása a mérés utolsó másodperceiben, amikor a k-tér széli, nagy térfrekvenciás részeinek feltöltése zajlik. Finom vonalak a vertex és az agytörzs területén.

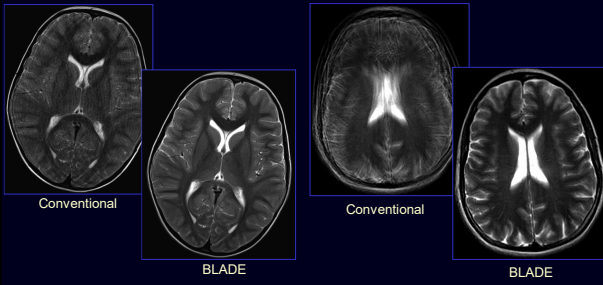
Nyelési műtermék



© Preszaturáció

16:00

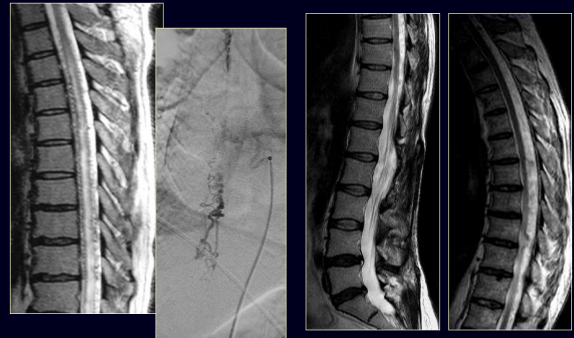
Mozgási műtermékek korrigálása



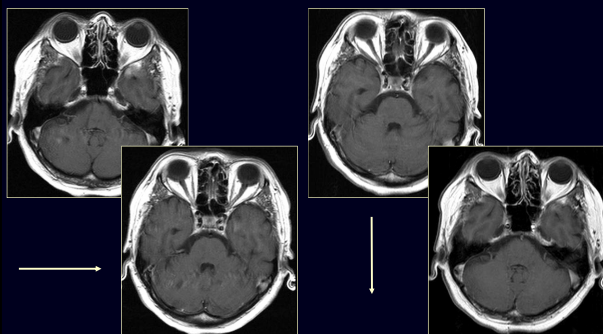
MAGNETOM Avento. Courtesy of SKG Radiology, Murdoch, WestPerth, Australia

MAGNETOM Trio, A Tim System.

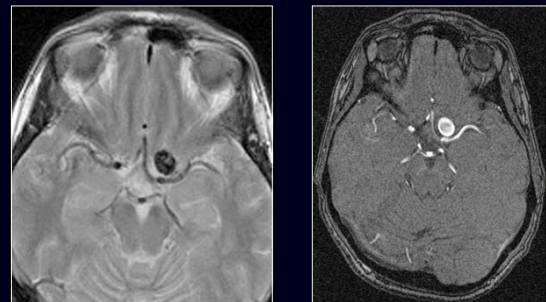
Spinalis AVM ↔ Liquorárpulsatios műtermék



Véráramlási műtermék



Az áramló vér detektálása



SE

GE

