

A neuroradiológiában használatos eszközök és módszerek

Martos János
Országos Klinikai Idegtudományi Intézet

Mivel foglalkozik a neuroradiológia?

A központi idegrendszer - az agy és a gerincvelő, valamint ezek környékének - a koponya és a gerinc megbetegedéseinek vizsgálatával, intervenciós 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 Szubtrakciós 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



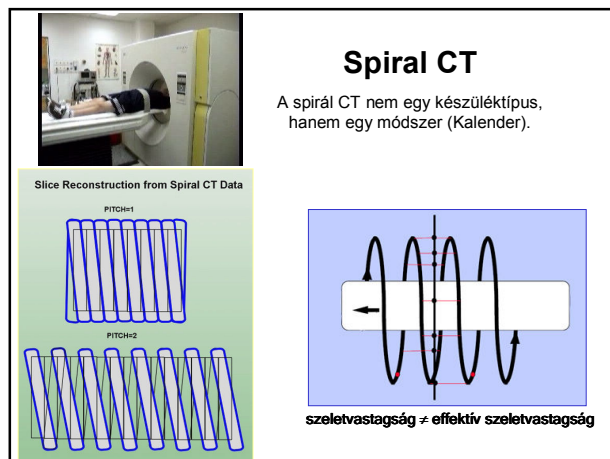
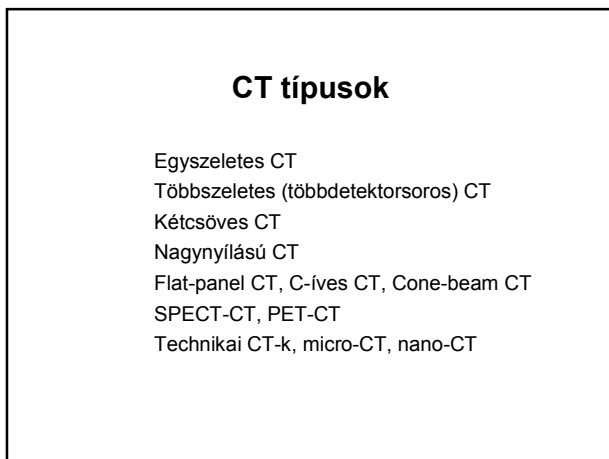
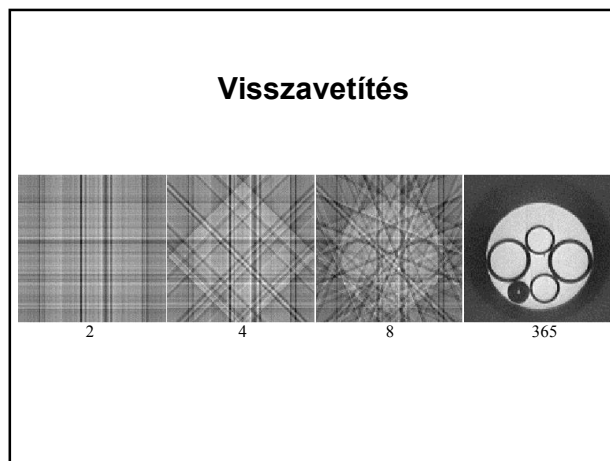
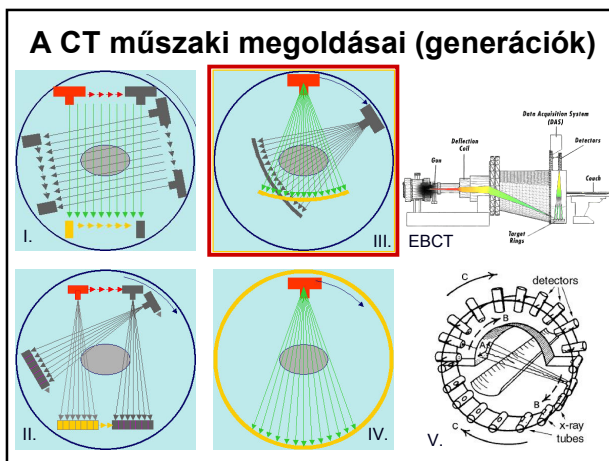
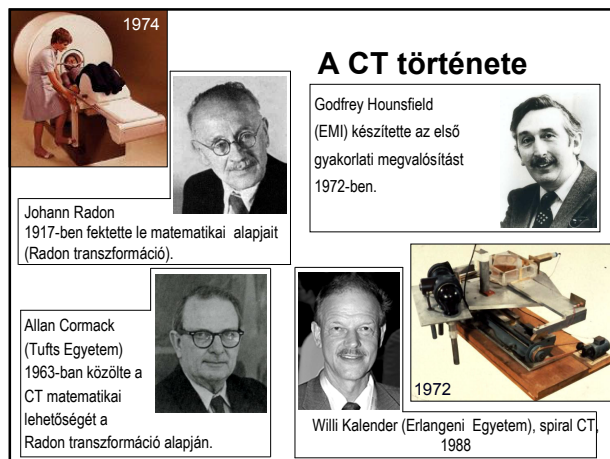
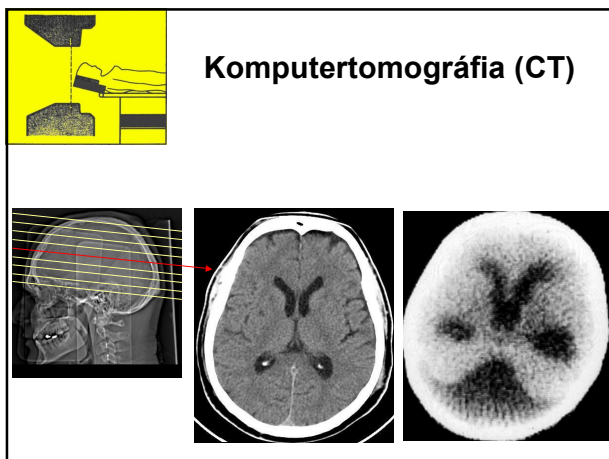
Pneumoencephalográfia (PEG)



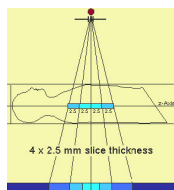
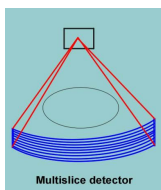
Angiográfia



Digitális szubtrakciós angiográfia (DSA)



Többszeletes CT



Elnevezések:

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

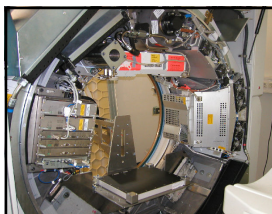
Többszeletes CT lehetőségek

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

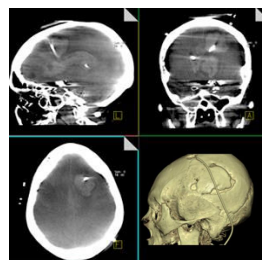
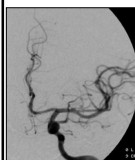
A szimultán mérhető szeletek száma = a detektorok számával (alternáló fókuszzal)

Flat Panel CT

A teljes szerv, vagy régió scanelése nagy felbontással, egyetlen rotációval.
 Dinamikus kontraszt vizsgálatok
 CT angiográfia/DSA
 Intervenció 3D fluoroszkópiás kontrol alatt. (virtual reality)



C-íves CT



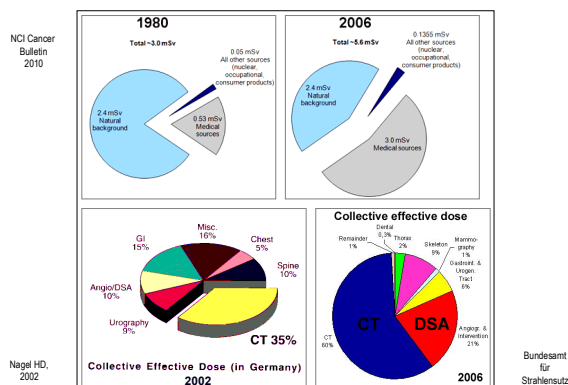
Detektor: 30 x 40 cm
 220 fok C-ív rotáció
 5 – 10 sec. rotációs idő
 10 HU/10mm kontraszt
 25 – 30 lp/cm felbontás

Rotációs angiográfia (1972, 1992)

Cone-beam CT



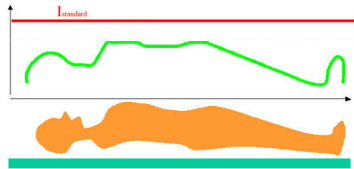
Dózis probléma



Dózis probléma

ALARA principle
(As Low As Reasonably Achievable)

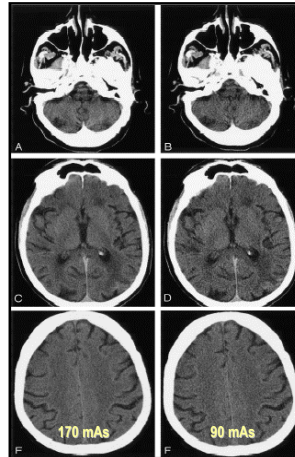
Dózis moduláció



Iteratív rekonstrukció (60-80%)

Átgondolt képalkotó diagnosztika!

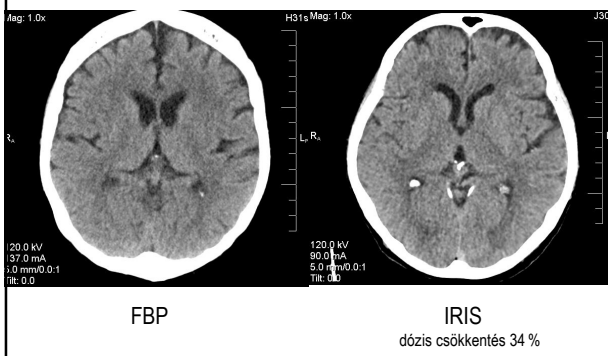
Folyamatos dózis moduláció



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

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

Iteratív rekonstrukció

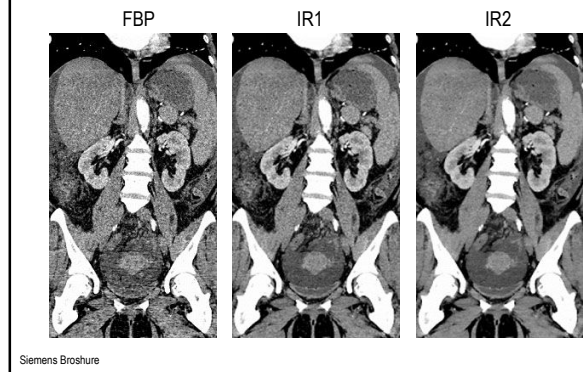


FBP

IRIS

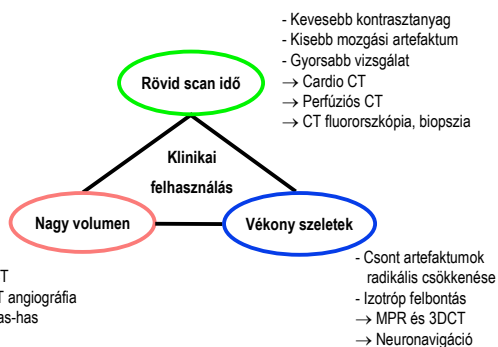
dózis csökkentés 34 %

Iteratív rekonstrukció



Siemens Brochure

A multislice CT előnyei



Neuroradiológiai előnyök

- ⊗ Nagyfelbontású 3D ábrázolás (neuronavigáció)
- ⊗ Artefaktum mentes intracranialis képalkotás
- ⊗ Az intraspinalis 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



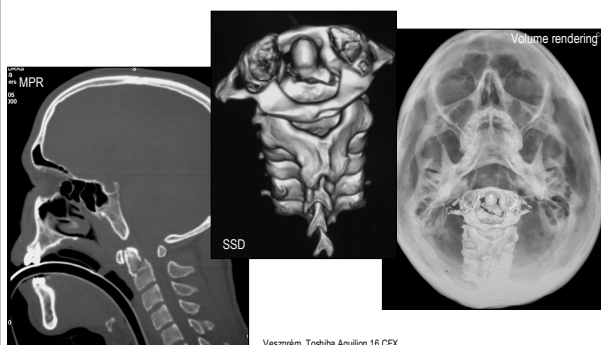
3D SSD

16 x 0.6 mm, Rot: 1 sec



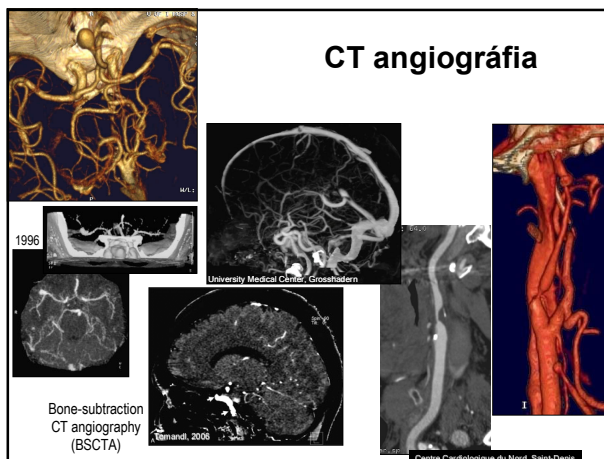
Volume Rendering

3D rekonstrukció



Veszprém, Toshiba Aquilion 16 CFX

CT angiográfia

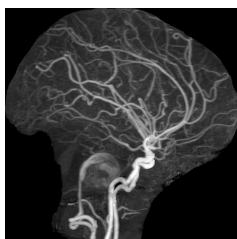


Bone-subtraction
CT angiography
(BSCTA)

University Medical Centre, Grosshadern

Centre Cardiologique du Nord, Saint-Denis

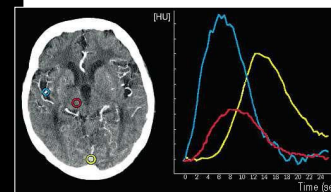
CT angiográfia



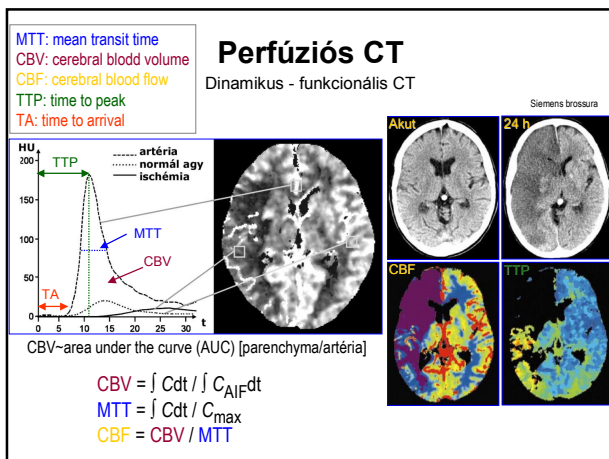
Perfúziós CT

A CT érték arányos a szövetekben levő kontrasztos vér mennyiségével

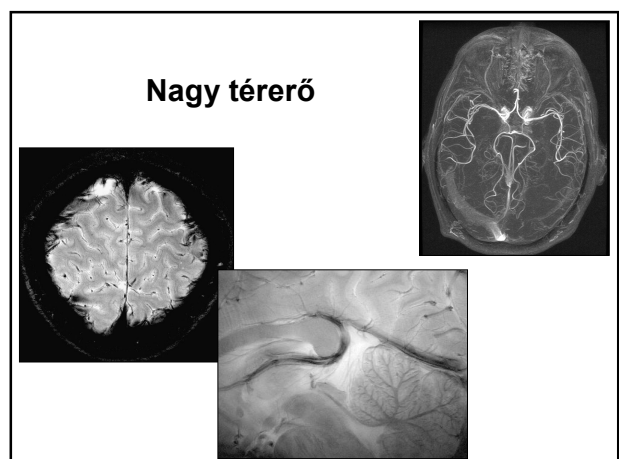
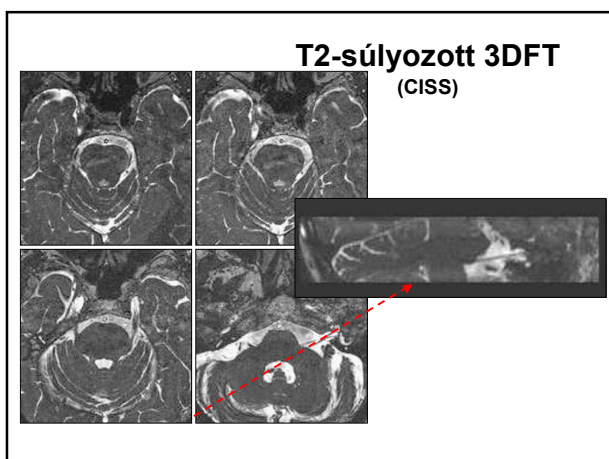
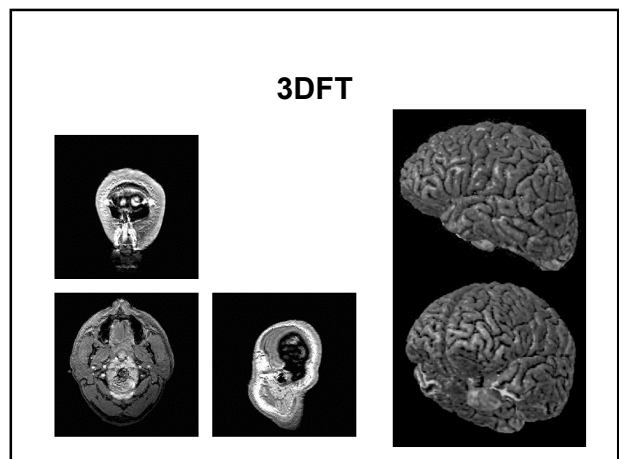
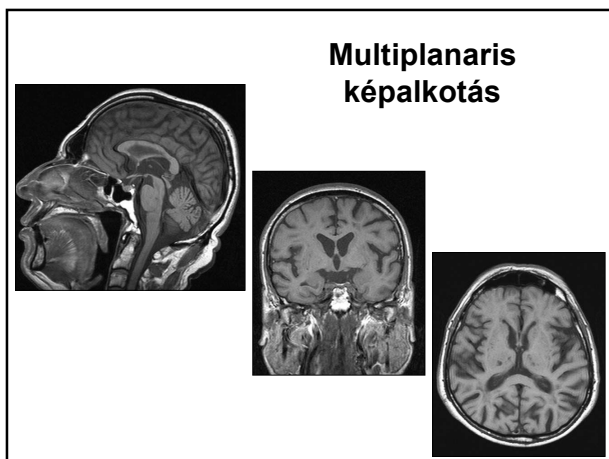
González, 2007



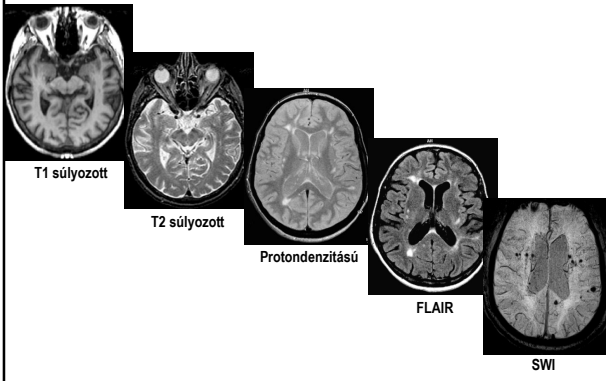
Tipikus idő/denzitás görbék
(time/density curve, TDC)



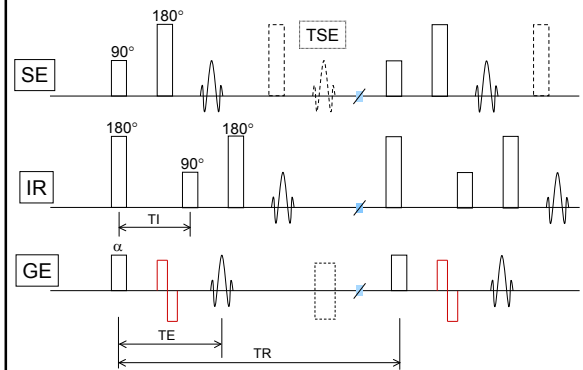
Amit az MR képen láthatunk



Multiparametrikus képalkotás



Szekvenciák



Az MR jel intenzitása

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

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

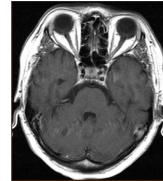
P: protondenzitás = f(vízirtalom, téror, hőmérséklet)
T1: T1-relaxációs idő = f(vízirtalom, zsirtirtalom, szöveti mágnesség, téror)
T2: T2-relaxációs idő = f(vízirtalom, szöveti inhomogenitás)
 Δ : mozgás (diffúzió, véráramlás, liquorpulzáció)
TR: repetíciós idő
TE: echó idő
 α : kibillentési szög (gradiens-echó)
Ps: presaturáció (térbeli, frekvencia szelektív (MTC, FATSAT), inverzió (TI))

sejtközi vízirtalom
 cytoplasma vízirtalom
 zsirtirtalom
 fehérjetirtalom

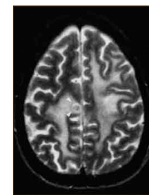
rostos szerkezet
 myelin állapota
 gliosis
 cellularitás
 sejt/mag/plasma arány

Az MR jelet befolyásoló tényezők

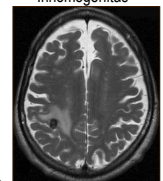
Mozgás



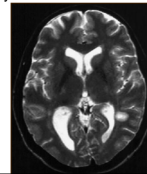
Paramágneses anyagok



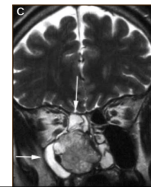
Inhomogenitás



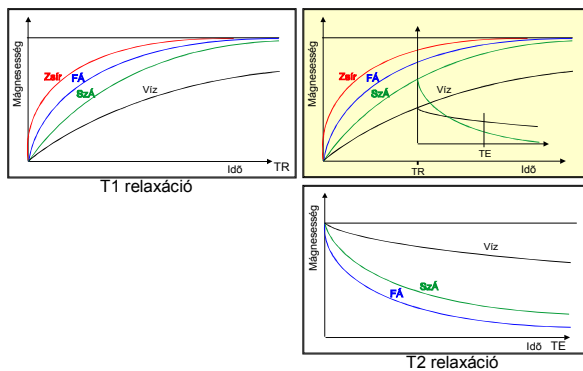
Demyelinizáció



Cellularitás

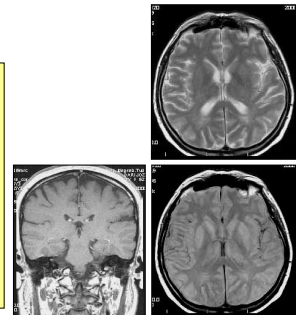


Relaxációs idők

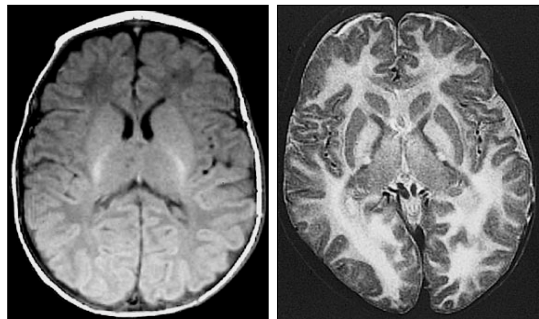


Spin-echó kontraszt

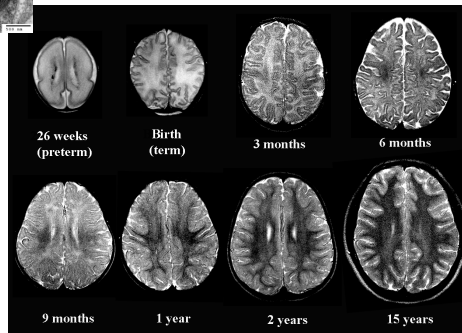
Hosszú TE (70-120 ms)	X	T2 súlyozott
Rövid TE (15-25 ms)	T1 súlyozott	Proton-denzitású
	Rövid TR (500-700ms)	Hosszú TR (2000-2500 ms)



Protondenzitású, T1 vagy T2 súlyozott?

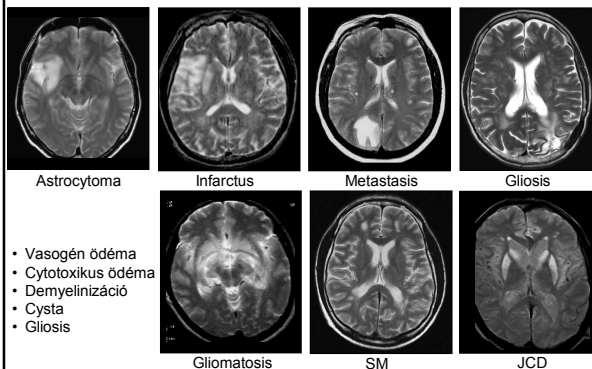


A normális myelinizáció



Evans, 1996

T2 hyperintenzitás



Ödéma

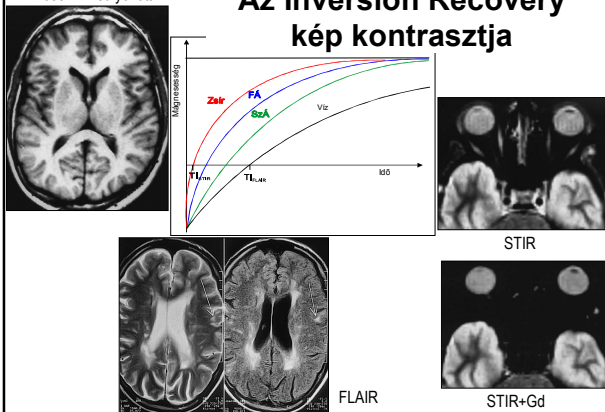
Vasogen ödéma (cerebrospinal angiopathy)

Cytotoxikus ödéma (ischemia)

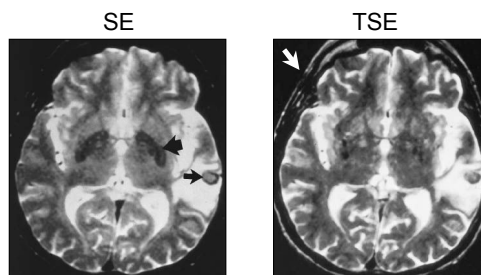
Interstitialis (hydrostaticus) ödéma; (Hydrocephalus)

Erősen T1 súlyozott

Az Inversion Recovery kép kontrasztja

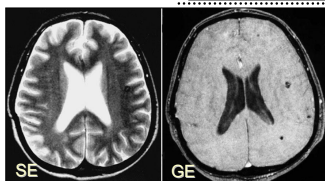
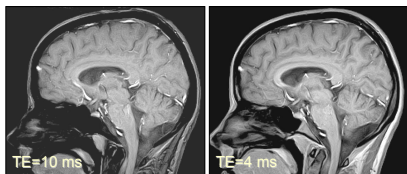


Gyors spin-echo



A gradiens-echó kép tulajdonságai

Szuszeptibilitás artefaktum



Az artefaktum kivédése:

- ☺ A legrövidebb lehetséges TE
- ☺ Spin-echó (gyors spin-echó)
- ☺ Kiseb voxel (nagyobb felbontás)
- ☺ Nagyobb sávszélesség
- ☺ Alacsonyabb térerő

Műtermékek az MR-ben

- ☺ Torzítás - inhomogenitás
- ☺ Szuszeptibilitás artefaktum (Susceptibility)
- ☺ Mozgási műtermék
- ☺ Kémiai eltolódás (Chemical Shift Artifacts)
- ☺ Aliasing
- ☺ Trunkation (lehasítás)
- ☺ Szelet átfedés (Overlapping)
- ☺ Parciális volumen effectus
- ☺ Egyéb: Cipzár jelenség, RF túlsordulás (RF Overflow), Középpont artefaktum (Central Point Artifact), Zebra (zero fill) artefaktum

Műtermékek az MR-ben

☹ Szuszeptibilitás artefaktum (Susceptibility)

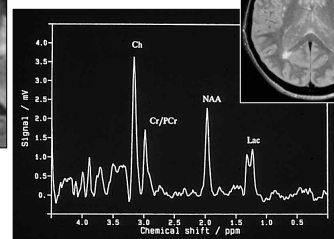
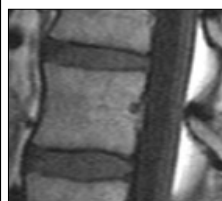
- ☺ Rostos szövet hypointenzitása
- ☺ Hemosensitive FLASH szekvencia
- ☺ fMRI
- ☺ Perfúziós MR

☹ Mozgási műtermék

- ☺ Áramlási jelvestés a SE felvételeken
- ☺ MR angiográfia
- ☺ Diffúziós MR

☹ Kémiai eltolódás (Chemical Shift)

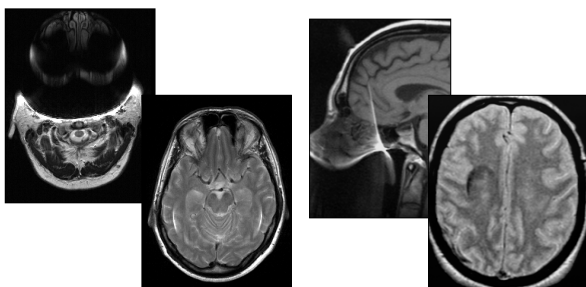
Kémiai eltolódás



SM plakk spektruma

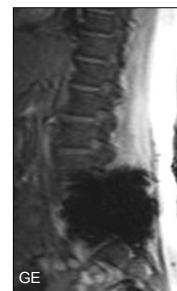
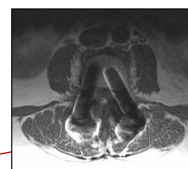
Fém artefaktum

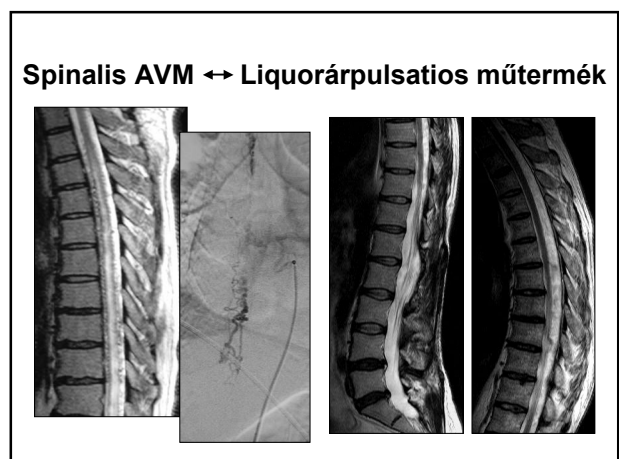
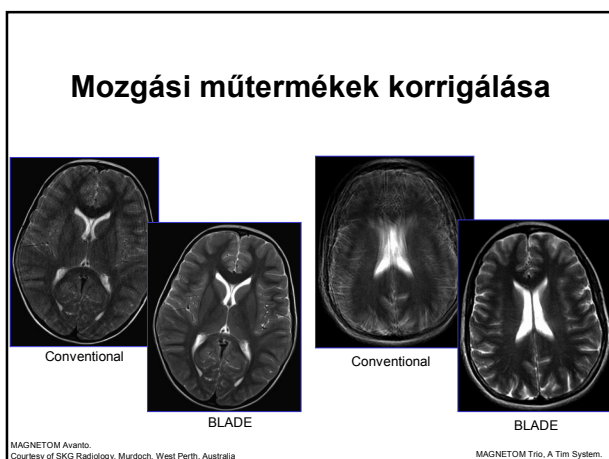
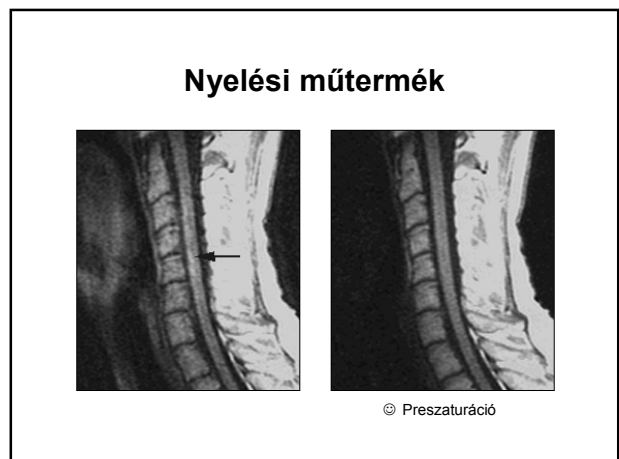
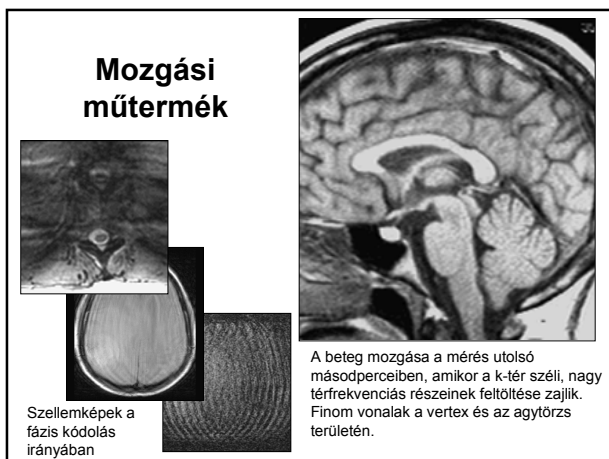
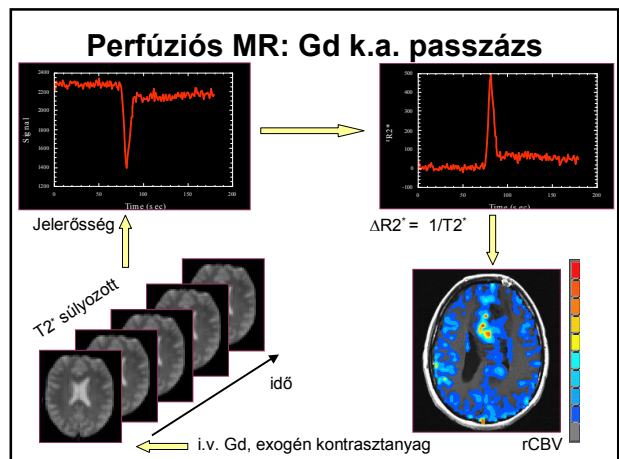
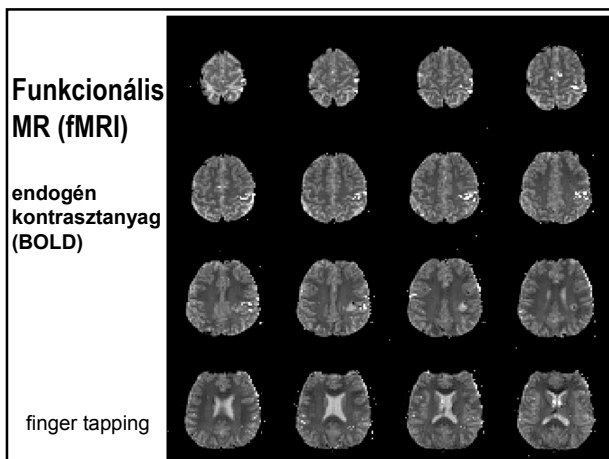
nagy jelű, kis jelű



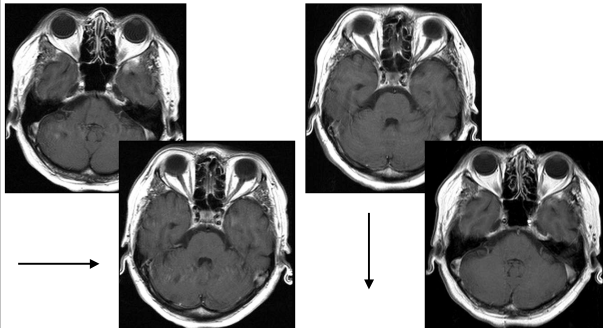
A többi szekvenciával készült képeken nincs, vagy nem ugyanott van.

MR kompatibilis implantátumok

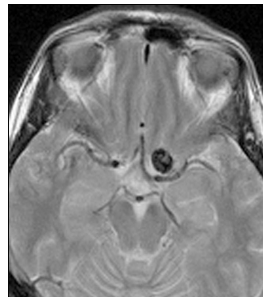




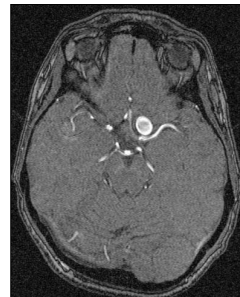
Véráramlási műtermék



Az áramló vér detektálása

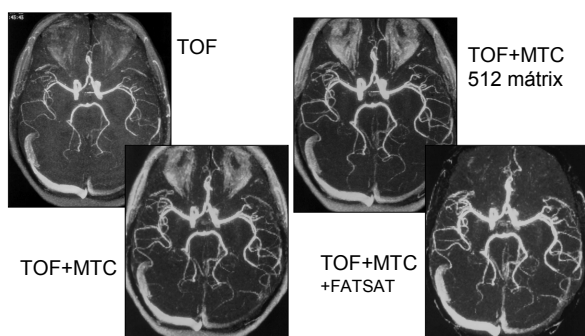


SE

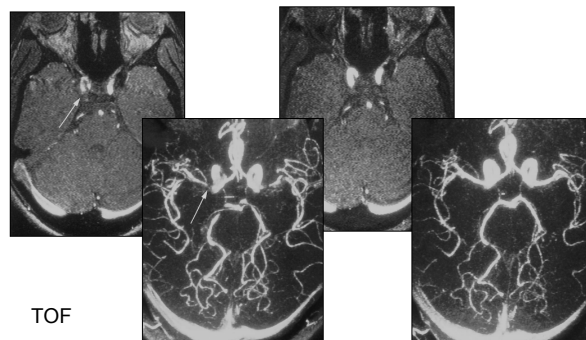


GE

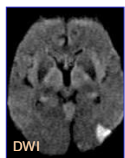
MR angiográfia



Komplex áramlás - fázisvesztés



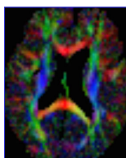
Diffúzió-súlyozott MR



DWI

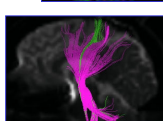
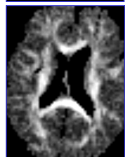
Tractography:

- piros = bal-jobb
- zöld = anterior-posterior
- kék = superior-inferior
- jelintenzitás = fractional anisotropy.



Fractional anisotropy:

- világos = nagy anizotrópia (fehérállomány)
- sötét = kis anizotrópia (CSF, szürkeállomány)

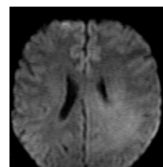


Fiber tracking:

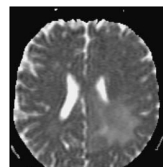
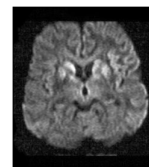
- corticobulbaris tractus (rózsaszín) : capsula interna
- corticospinalis tractus (zöld): agytörzs – precentralis gyrus

Diffúziós MR

Vazogén ödéma ↔ Cytotoxikus ödéma



Diffúzió
súlyozott
(b=1000)



ADC

