

NMR, MRI “MAGNETIC RESONANCE IMAGING”

TIMES, 2003. OKTÓBER 9

This Year's
Nobel Prize
in Medicine



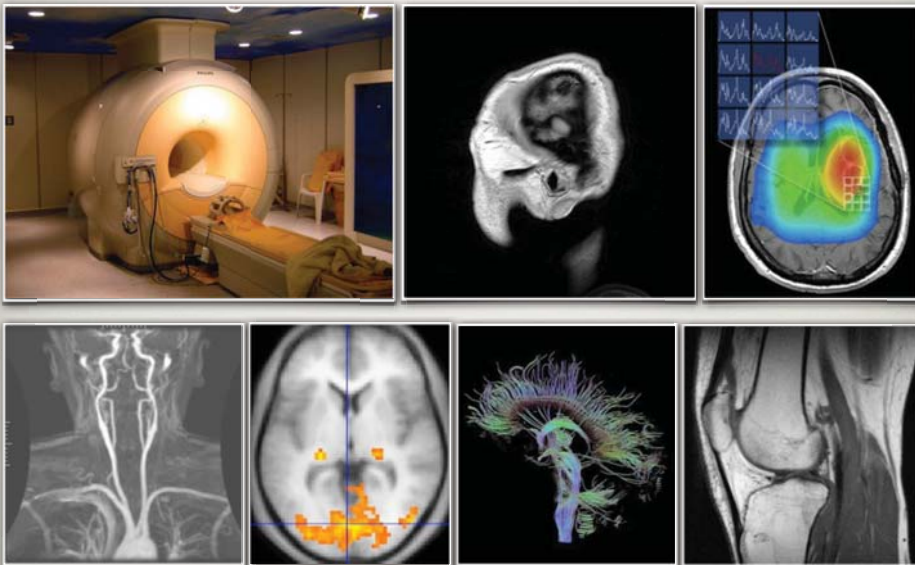
The Shameful Wrong That Must Be Righted

This year the committee that awards The Nobel Prize for Physiology or Medicine did the one thing it has no right to do: it ignored the truth. Eminent scientists, leading medical textbooks and the historical facts are in disagreement with the decision of the committee. So is the U. S. Patent Office. Even Alfred Nobel's will is in disagreement. The committee is attempting to rewrite history.

The Nobel Prize Committee to Physiology or Medicine chose to award the prize, not to the medical doctor/research scientist who made the breakthrough discovery on which all MRI technology is based, but to two scientists who later made technological improvements based on his discovery.

WHAT EMINENT SCIENTISTS AND AUTHORS SAY

MRI: ORVOSI DIAGNOSZTIKÁT FORRADALMASÍTÓ KÉPALKOTÓ MÓDSZER



MRI

- Történelem
- Alapjelenségek
(magspin, precesszió, rezonancia, gerjesztés-relaxáció)
- Képzéskészítés I: térképezés
- Képzéskészítés II: kontraszt
- Kontrasztanyagok
- Műtermékek
- Veszélyek, kontraindikációk
- Alkalmazások, a jövő irányai

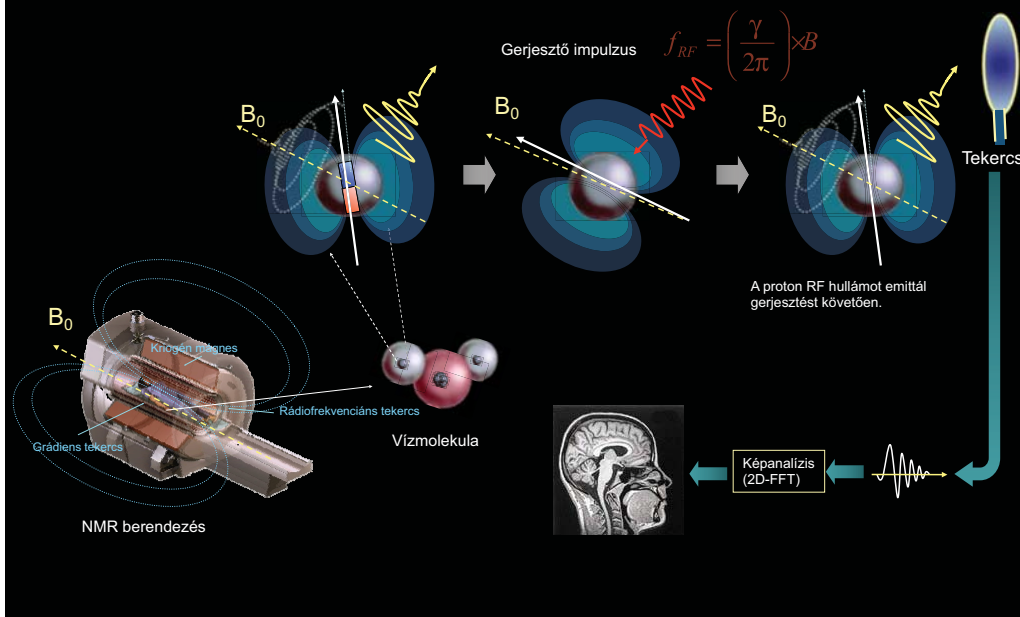
MRI TÖRTÉNELEM

- 1970 - Raymond Damadian: rákos és normál szövetek T1 és T2 relaxációs idői különböznek.
- 1972 - Raymond Damadian: US patent
- 1973 - Paul Lauterbur: 2D MR képalkotó módszer
- 1974 - Peter Mansfield: 3D MR képalkotó módszer
- 1977 - Raymond Damadian: az első MR szkennert ("focused field" módszer)
- 2003 - Nobel-díj: Lauterbur, Mansfield
- NMR: Legtöbb Nobel-díjjal kitüntetett módszer (6)
Otto Stern (1942), Isidor Rabi (1944), Felix Bloch, Edward Purcell (1952), Richard Ernst (1991), Kurt Wüthrich (2002)

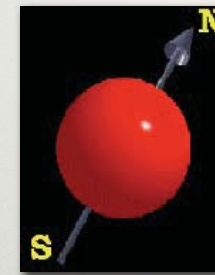
MRI: NON-INVÁZÍV TOMOGRÁFIÁS MÓDSZER



NMR: ALAPELVEK



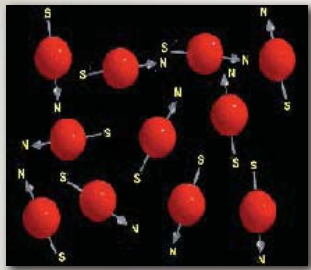
MAGSPINNEL RENDELKEZŐ MAGOK: ELEMİ MÁGNESEK



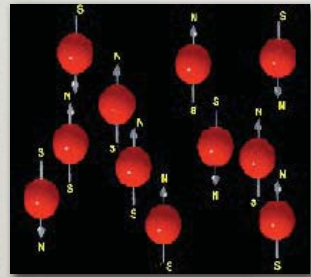
Mágneses momentum:

$$\mu_i = \gamma L$$

γ = giromágneses hányados
L = magspin



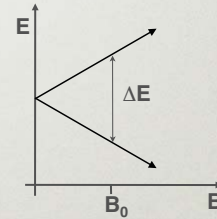
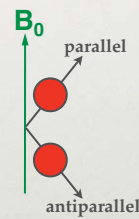
Mágneses tér hiányában:
elemi mágnesek orientációja random



Mágneses térben:

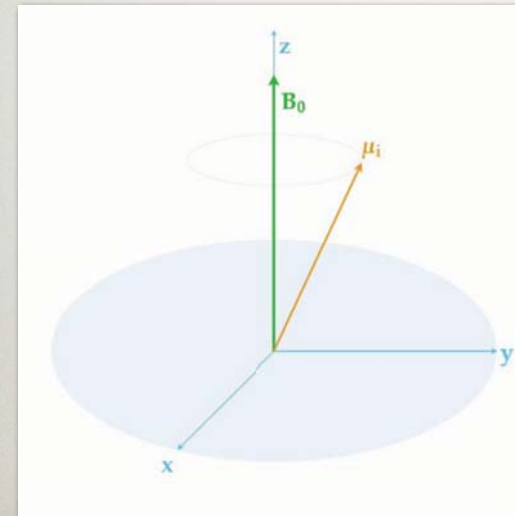
elemi mágnesek orientálódnak

energiaszintek felhasadnak



MRI-ben hasznos atommagok: ^1H , ^{13}C , ^{19}F , ^{23}N , ^{31}P

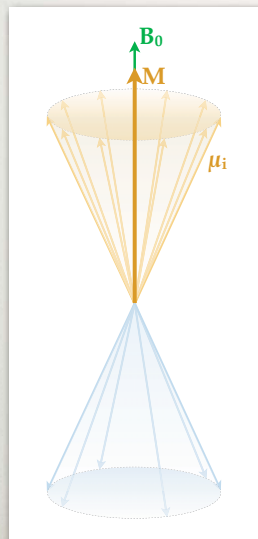
PRECESSZIÓ



Precessziós vagy Larmor frekvencia:

$$\omega_0 = \gamma B_0$$

MAKROSKÓPOS MÁGNESEZETTSÉG KÜLÖNBÖZŐ ENERGIASZINTEKEN SPINTÖBBLET MIATT



B_0 = mágneses tér
 M = makroszkópos mágneszettség

Alacsony energia állapot
proton esetében parallel

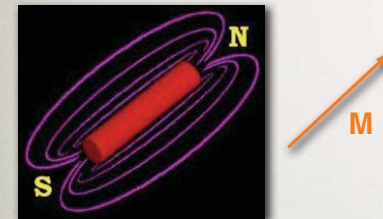
Magas energia állapot
proton esetében antiparallel

MRI-ben alkalmazott mágneses térerő:
Föld mágneses térerejének 20-50 ezerszerese

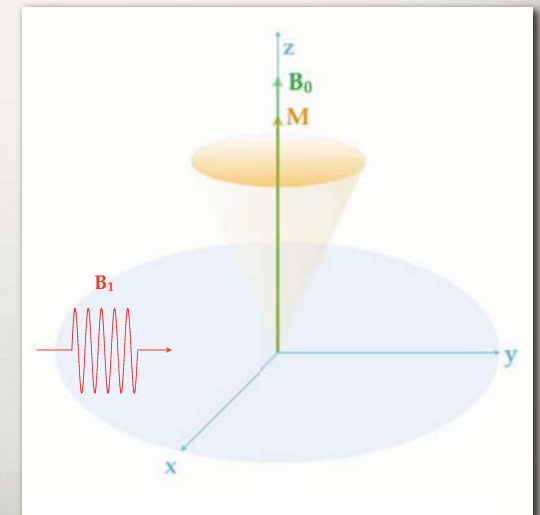
GERJESZTÉS

RÁDIÓFREKVENCIAÁS ELEKTROMÁGNESES SUGÁRZÁSSAL

Rezonancia feltétel: Larmor frekvencia



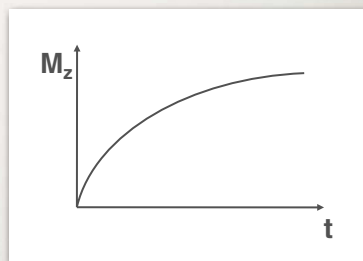
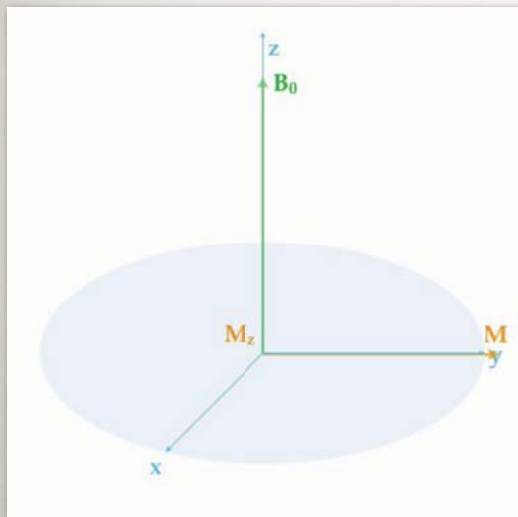
B_0 = mágneses tér
 M = makroszkópos mágneszettség
 B_1 = besugárzott elektromágneses tér



MRI-ben alkalmazott
elektromágneses sugárzás:
Rádiófrekvencia

SPIN-RÁCS RELAXÁCIÓ

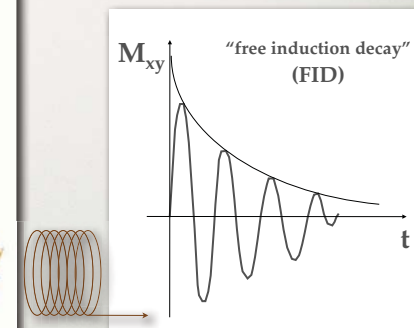
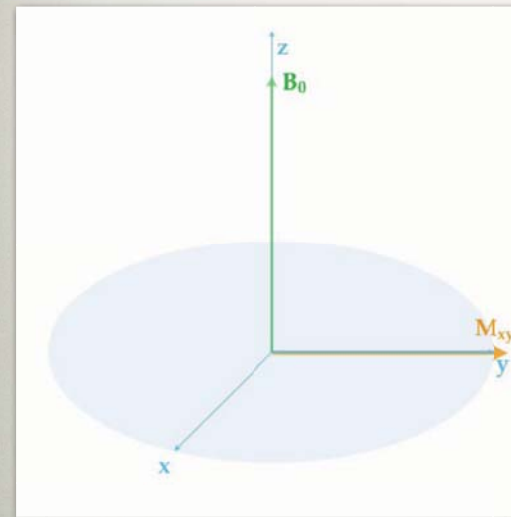
T1 VAGY LONGITUDINÁLIS RELAXÁCIÓ



T1 relaxációs idő:
elemi mágnes (proton) és
környezete közötti kölcsönhatásra utal

SPIN-SPIN RELAXÁCIÓ

T2 VAGY TRANZVERZÁLIS RELAXÁCIÓ



T2 relaxációs idő:
elemi mágnesek (protonok)
közötti kölcsönhatásra utal

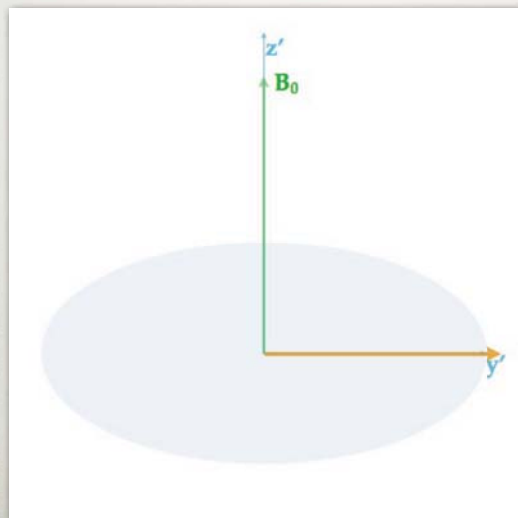
SPIN-SPIN RELAXÁCIÓ

T2 VAGY TRANZVERZÁLIS RELAXÁCIÓ

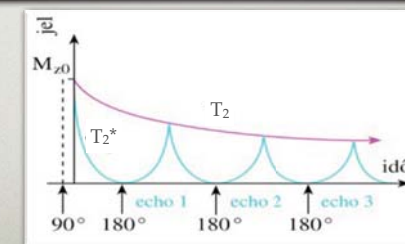
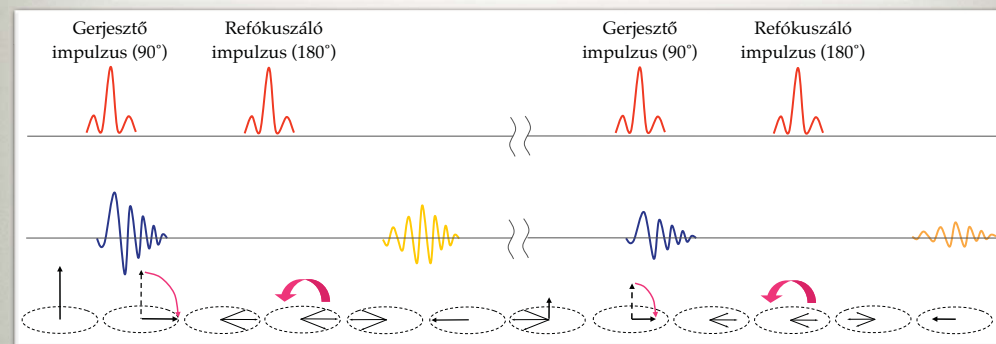
Ismétlődő gerjesztő és relaxációs impulzusok: spin-echo szekvencia



Erwin Hahn, 1949

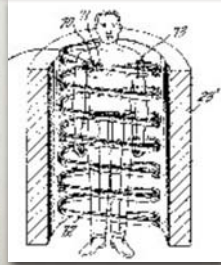
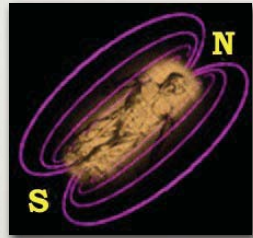


A "SPIN-ECHO" KÍSÉRLET



MRI:

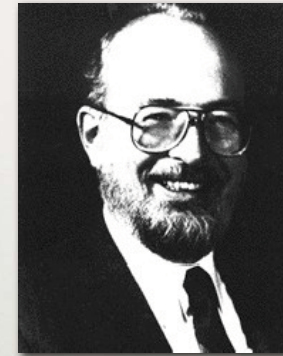
AZ EMBERI TEST MAKROSZKÓPOS
MÁGNESEZETTSÉGÉT HOZZA LÉTRE



"indomitable": "a rettenthetetlen"

PAUL C. LAUTERBUR

(1929-)

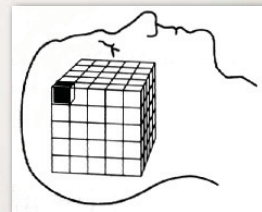
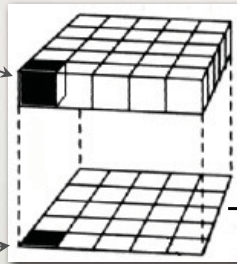


Térbeli felbontású NMR kidolgozása

MRI KÉPALKOTÁS I:

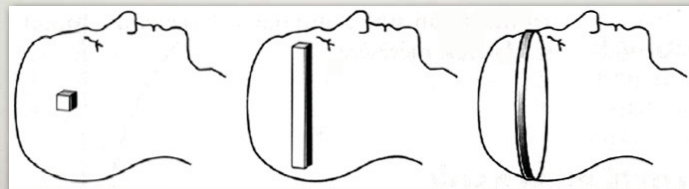
TÉRBELI FELBONTÁS

voxel:
térfogatelem



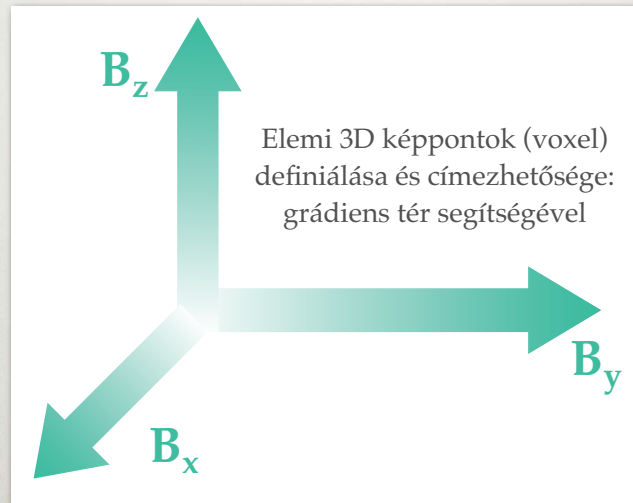
Kép

pixel:
felületelem,
elemi képpont

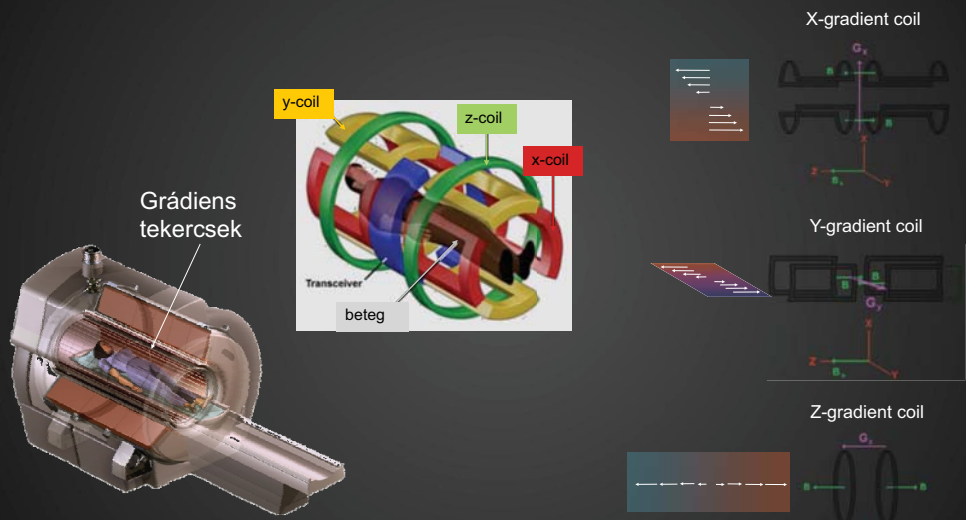


MRI KÉPALKOTÁS I:

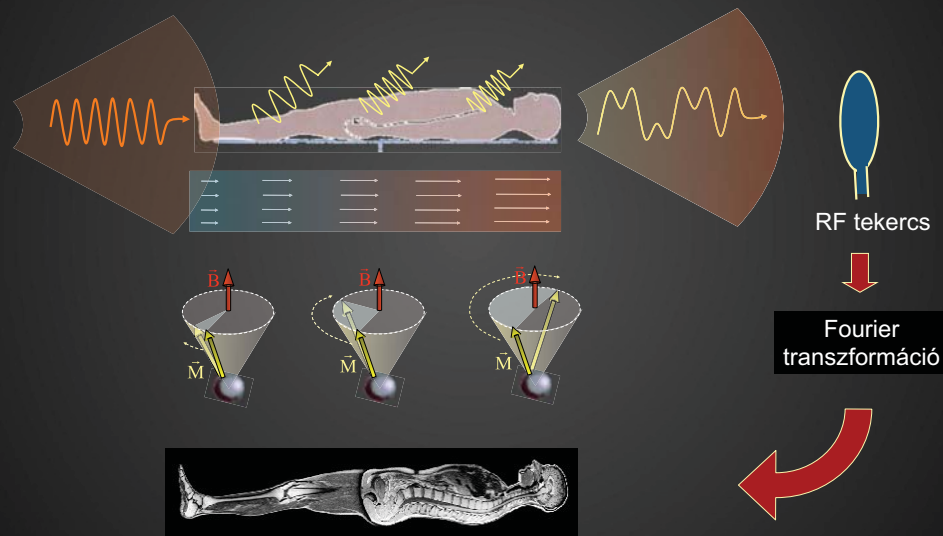
TÉRBELI FELBONTÁS



AZ NMR JEL TÉRBELI KÓDOLÁSA: MÁGNESES TÉRGRÁDIENSEK

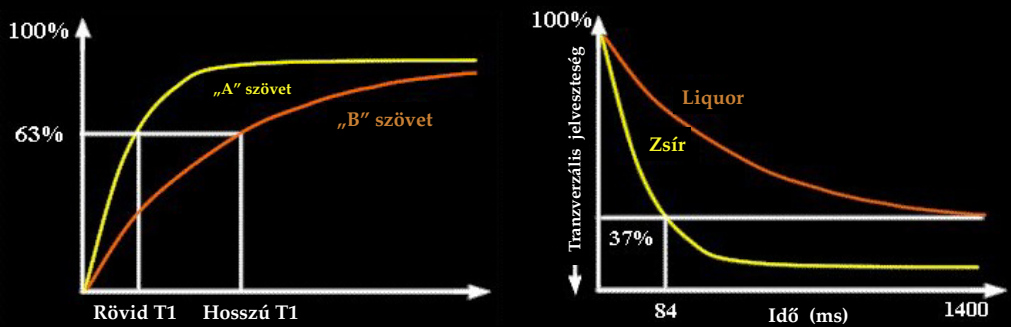


NMR JEL TÉRBELI KÓDOLÁSA: A PRECESSZIÓ FREKVENCIAVÁLTOZÁSÁRA ÉPÜL



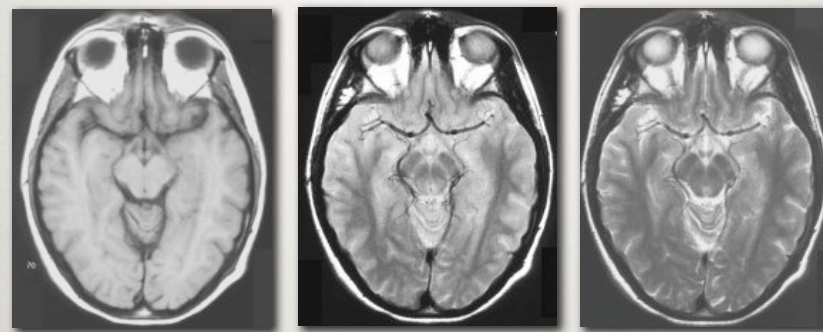
MRI KÉPALKOTÁS II:

SZÍNFELBONTÁS (KONTRASZT) RELAXÁCIÓS IDŐK ALAPJÁN



MRI KÉPALKOTÁS II: SZÍNFELBONTÁS (KONTRASZT)

SPINSŰRŰSÉG ÉS RELAXÁCIÓS IDŐK ALAPJÁN



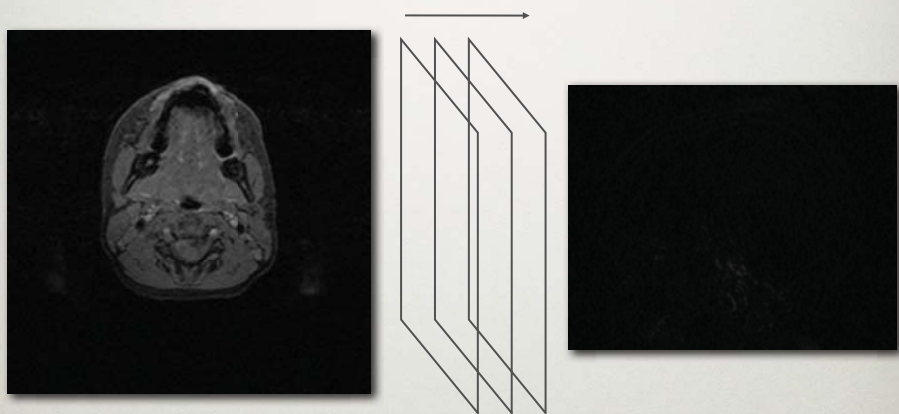
T1-súlyozás

protonsűrűség-súlyozás

T2-súlyozás

MRI:

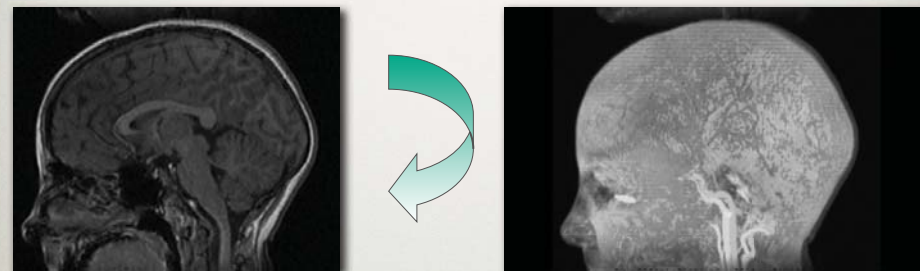
KÉPI INFORMÁCIÓ MANIPULÁLÁSA I



Újraszeletelés merőleges síkban

MRI:

KÉPI INFORMÁCIÓ MANIPULÁLÁSA II

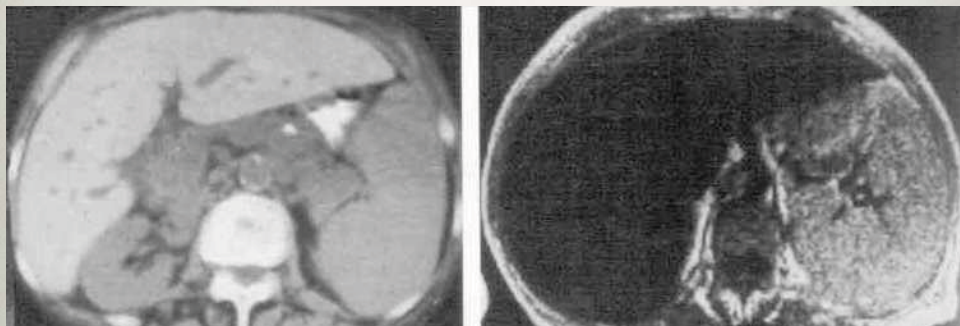


Térbeli projekció
(„volume rendering”)

KONTRASZTANYAGOK

Pozitív: paramágneses elemek (T1 kontraszt): Gd, Mn

Negatív: szuperparamágneses, ferromágneses (T2 kontraszt): FeIII, MnII



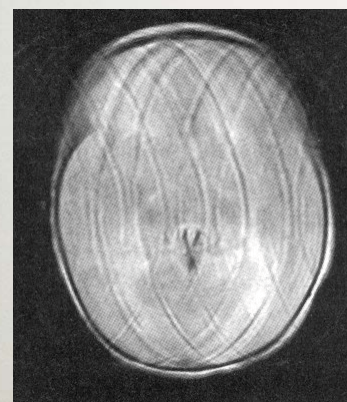
CT

Haemochromatosis hepatis

MR T2

MŰTERMÉKEK

- Mozgás
- Fémek (implantátum, sérülés)



Mozgási artefakt



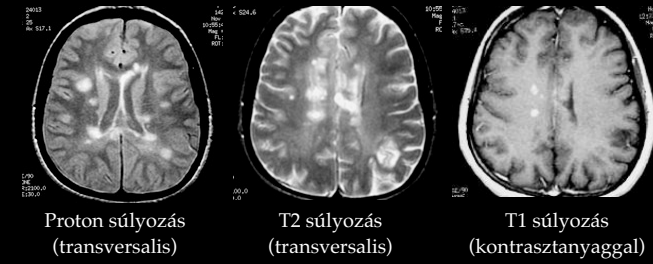
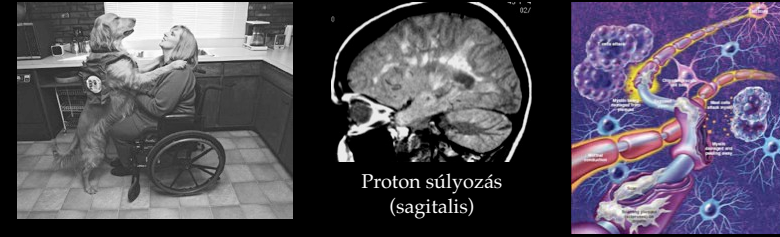
Fém az orbitában

VESZÉLYEK, KONTRAINDIKÁCIÓK

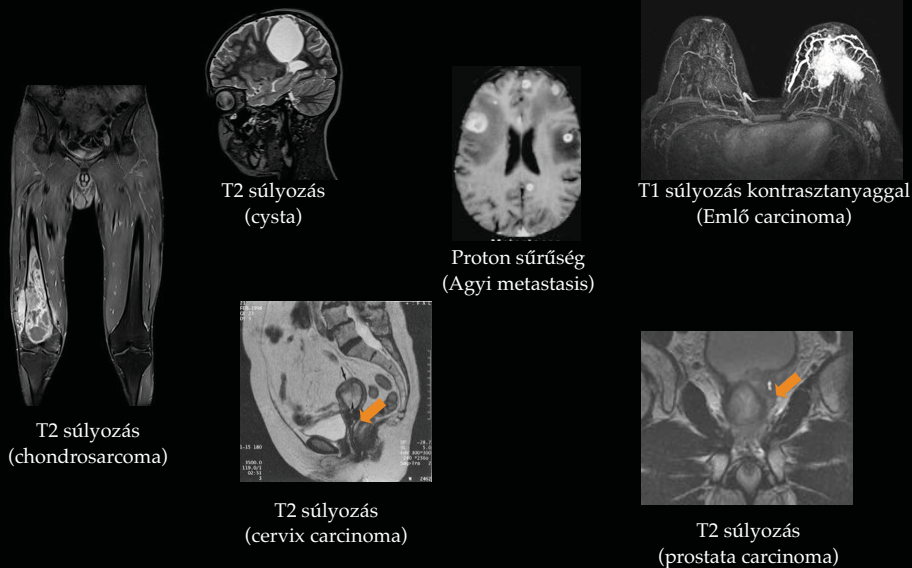
- Sztatikus mágneses tér - fémtárgyak
Kontraindikációk: beépített eszközök (pacemaker, defibrillátor, hallókészülék, csontnövekedést serkentő készülék, gyógyszeradagoló), neurostimulátorok, agyi aneurysma csatok, régi típusú szívbillentyűk
- Grádiens tér - áramindukció
- Rádiófrekvenciás tér - hőhatás (szemlencse, here)



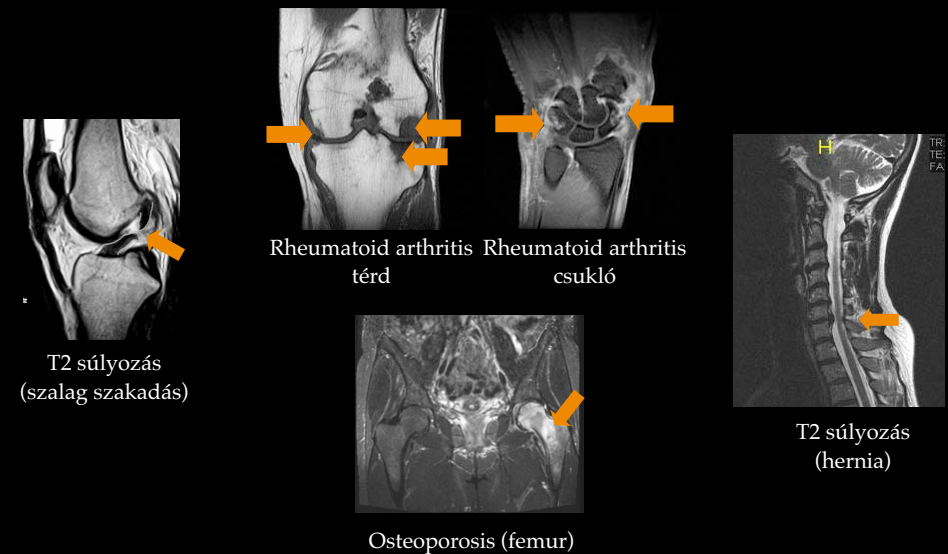
ALKALMAZÁSOK: ANATOMIAI KÉPALKOTÁS MULTIPLE SCLEROSIS



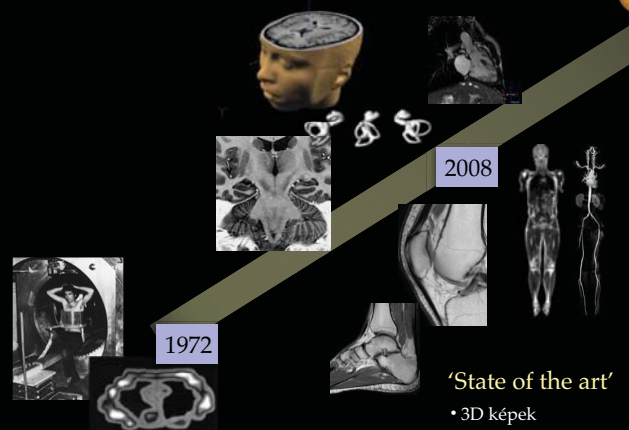
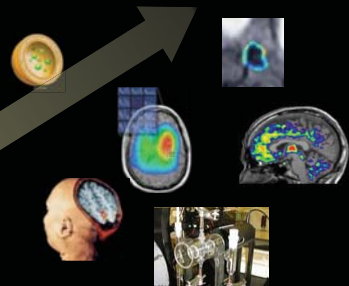
ANATOMIAI KÉPALKOTÁS: ONKOLÓGIA



ANATOMIAI KÉPALKOTÁS CSONT ÉS LÁGYRÉSZEK



AZ MRI SOKKAL TÖBB MINT ANATOMIAI KÉPALKOTÁS ...



1972

2008

Első MRI képek

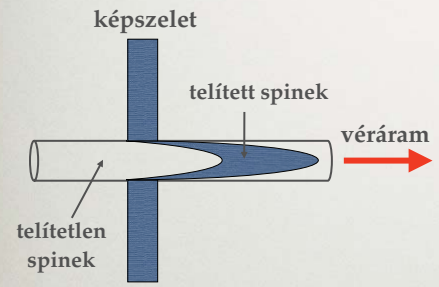
'State of the art'

- 3D képek
- dinamikus képalkotás
- nagy felbontás

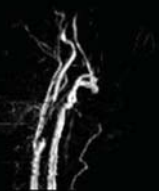
Kutatásban - a jövő

- kvantitatív képalkotás
- sejtspecifikus kontrasztanyagok
- in vivo spektroszkópia
- funkcionális képalkotás
- multimodális képalkotás

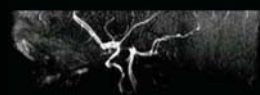
MRI: NON-INVÁZÍV ANGIOGRÁFIA



MRI: NON-INVÁZÍV ANGIOGRÁFIA



arteria carotis



Circulus arteriosus Willisii

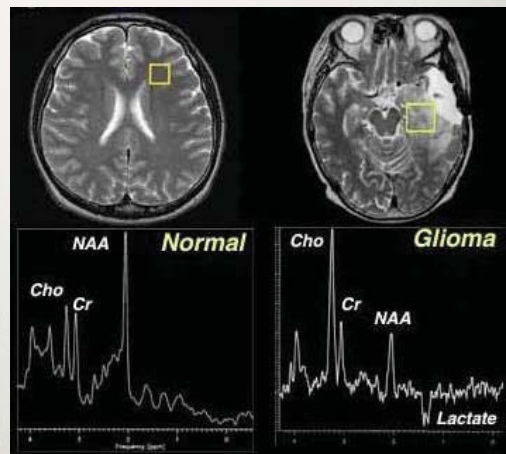
MRI MOZGÓKÉP NAGY IDŐFELBONTÁSÚ FELVÉTELEK ALAPJÁN



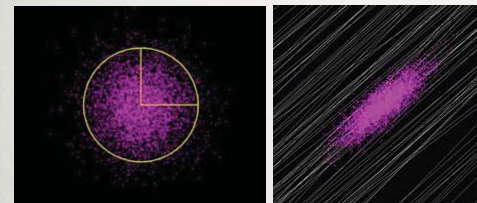
Aortabillentyű nyílása-záródása

MR SPEKTROSZKÓPIA

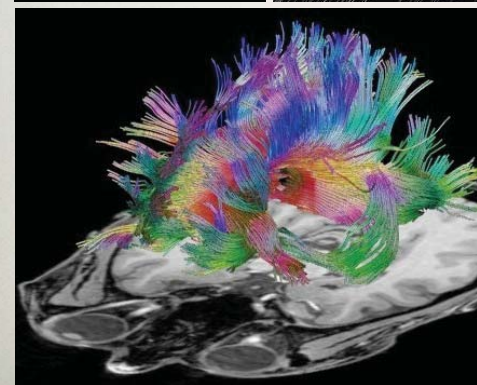
- Kémiai eltolódás (chemical shift)
- Metabolitok azonosítása
- Tumordiagnosztika



DIFFÚZIÓS KÉPALKOTÁS



Anizotróp vízdifúzió:
kontrasztkpződés

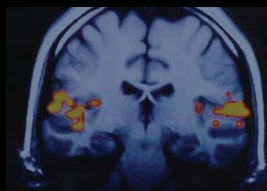
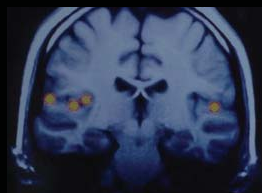


Idegpályák vizsgálata:
traktográfia

Corpus callosum

FUNKCIONÁLIS MRI (FMRI)

ÉLETTANI FOLYAMATTAL SZINKRON FELVETT
NAGY IDŐFELBONTÁSÚ KÉPSOROZAT



Aktiváció az acusticus
cortexben



Villogó fény hatása a
látókéregre

MRI INFORMÁCIÓ SZUPERPONÁLÁSA EGYÉB INFORMÁCIÓVAL (PET)



SZUPERPONÁLT MRI ÉS PET KÉPSOROZAT



PET aktivitás: szemmozgatás során
Térbeli rekonstrukció