Prof.dr Simon Nikolić
stomatologija

Magnetna rezonancija



MMXV

Stomatološka radiografska tehnika

- Intraoralne metode

  retroalveolarni, retrokoronarni, okluzalni, aksialni
- Ekstraoralne metode

  kraniogram, poluaksijalni i aksijalni snimci glave, PNŠ, orbite i optičkih kanala, zigomatičnih kostiju, snimci kostiju lica, nosnih kostiju, maxile, mandibule, TM zgloba, pluvačnih žlezda.
- Specijalne metode

  tomografija, teleradiografija, makrografija, stereoradiografija
- Kontrastne metode

  sinusografija, sijalografija, artrografija, angiografija, cistografija, fistulografija
- Nove tehnologije

  digitalna radiografija, DSA, UZ, MR



Istorijat

Grad Manise (Magnezij) Mala Azija nalazi ruda magnetit Fe_3O_4 osobina da privlači metalne predmete.

600 g.pne Tales magična svojstva atoma i elektrona

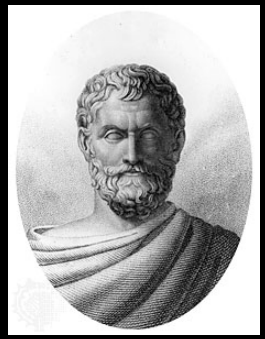
120 g.pne Kina igla zauzima položaj sever-jug

1600 g. lekar Gilbert William (1540-1603), u Londonu, napisao prvu pravu naučnu studiju o magnetizmu pod naslovom "O magnetu, magnetnim telima i velikom magnetu u zemlji".

1831 g. Michael Faraday otkrio je princip elektromagnetne indukcije.

1907 g. Vest Franas je postavio teoriju o feromagnetizmu. Na osnovu tih istraživanja, magnetne supstancije su svrstane u kategorije: feromagnetika, paramagnetika i dijamagnetika.









1952 Nobel prize in physics





Felix Bloch

b. 1905 (in Zurich, Switzerland)
d. 1983

Edward Mills Purcell

b. 1912
d. 1997

1945 NMR spektroskopija kao experimentalna tehnika, 2 nezavisne grupe istraživača uspele da detektuju NMR signal u kondenzovanoj materiji.

Un.Stanford konstruiše prvi NMR aparat

Un.Harvard konstruiše homogeno magnetno polje

Bloch F., Hansen, W. W., and Packard, M. Nuclear Induction. Phys.Rev. 69, 127. 1946.

Purcell E.M., Torrey, H.C., and Pound, R.V. Resonance absorption by nuclear magnetic moments in solid. Phys.Rev. 69, 37-38. 1946.



2003 Nobel prize in physiology or medicine





Paul C. Lauterbur

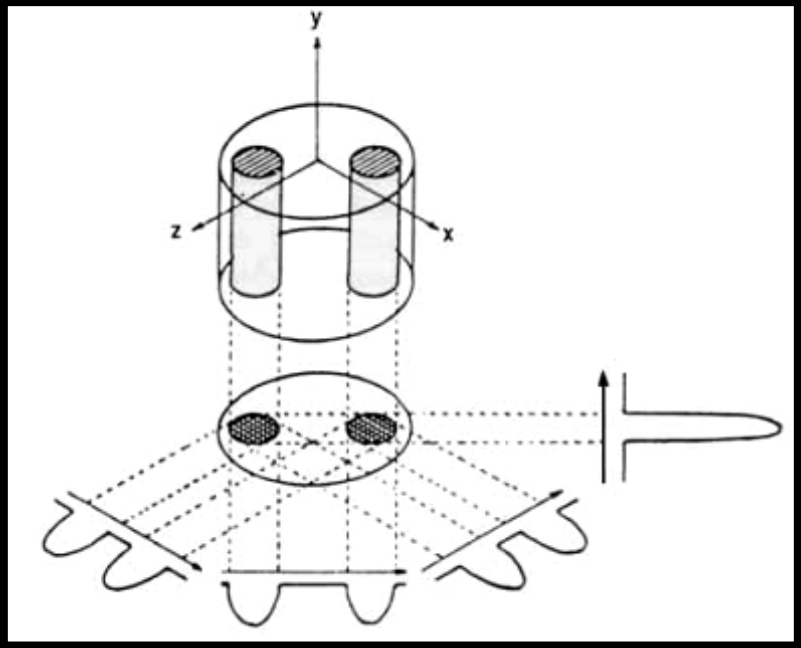
b. 1929
d. 2007
University of Illinois
Urbana, IL, USA

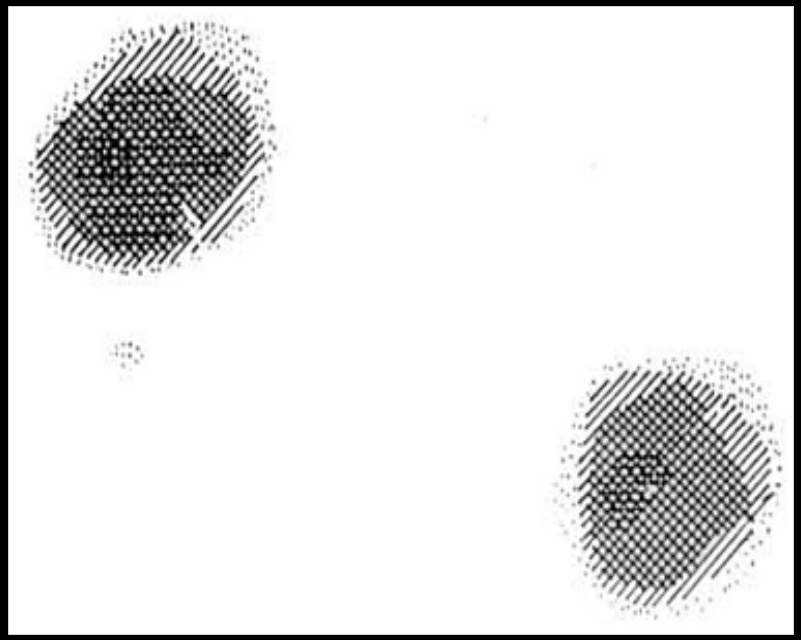
Sir Peter Mansfield

b. 1933
University of Nottingham,
School of Physics and Astronomy
Nottingham, United Kingdom

za otkrića u vezi sa slikanjem mekih tkiva pomoću NMR
"for their discoveries concerning magnetic resonance imaging"

1972 P.Lauterbur (Nature) opisao fenomen dobijanja NMR slike i nazvao ga zeugmatography (zajednička primena)





1974 snimci toraxa sa implantiranim TU

<u>03.jul 1977</u> prepodne, prvi pregled ljudskog tela na instalaciji za NMR, bilo je potrebno 5 sati da se dobije slika.

Rezonancija

(lat. resonantia) sazvučje – pojava vrlo jakog odgovora nekog sistema ili tela koje je u stanju da treperi sopstvenom učestalošću, kada se izazove nekim periodičnim spoljašnjim treperenjem iste ili bliske učestalosti.

- Akustična rezonanacija efekat “pevanja u kupatilu” kada se neki tonovi čuju glasnije i odzvanjaju duže od drugih. Zvučni talasi se lako odbijaju od zidova i frekvencija glasnijih tonova odgovara rezonantnoj frekvenciji vazduha u kupatilu.

- Električna rezonancija stari radio i televizijski prijemnici je koriste da bi se podesili samo na jednu frekvencu u jednom trenutku. Radio talasi prolaze kroz antenu prijemnika, izazivajući tok malih oscilujućih struja. Rezonantno kolo prijemnika se podešava promenom kondenzatora dok se ne pronađe stanica sa istom frekvencom.

- Magnetna rezonancija

Fizički princip MR

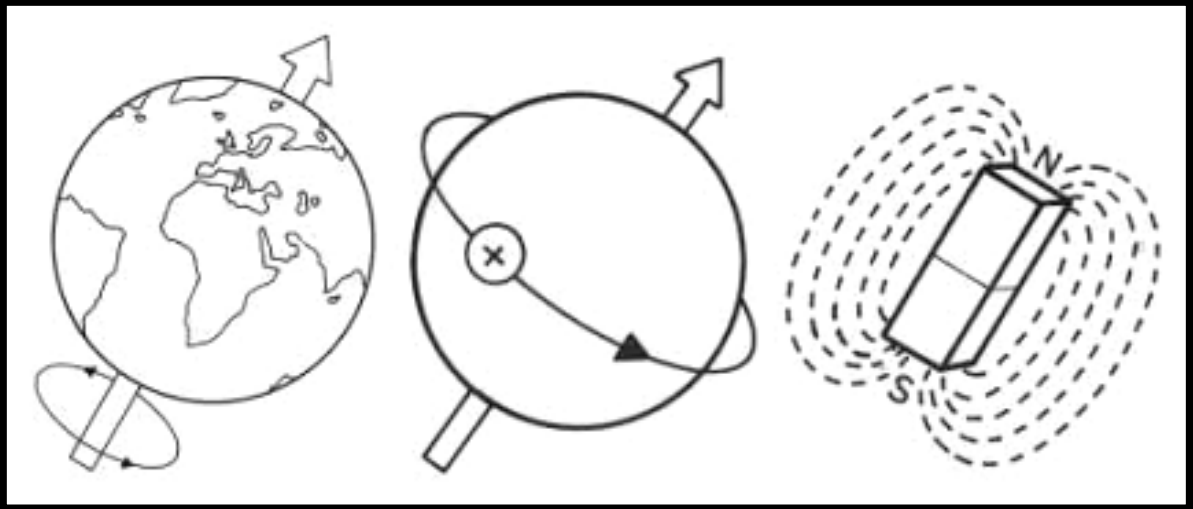
se zasniva na fenomenu da jezgra određenih atoma postavljena u magnetno polje, mogu apsorbovati i emitovati radiofrekventne talase karakteristične frekvencije.

Razmena energije između protona i fotona

je sinhrona vibracija - magnetna rezonancija



Fundamentalni fizički principi protona.



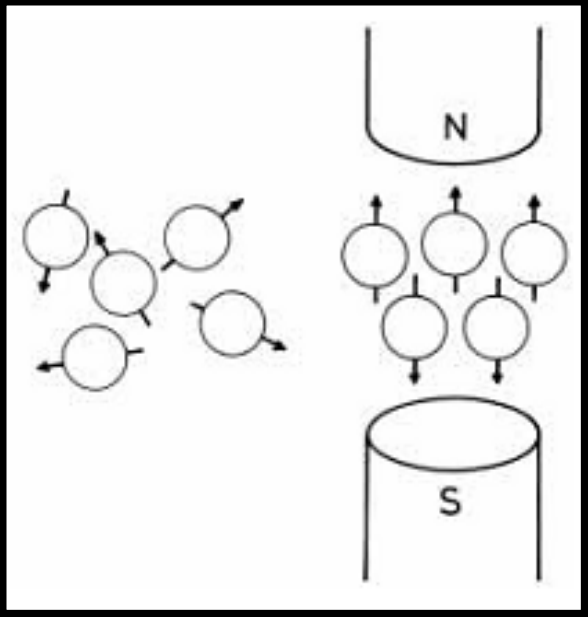
- **Masa**
- **Naelektrisanje**
- **Spin**

  Kretanje naelektrisanja predstavlja el.struju
- **Magnetni moment**

  El.struja indukuje magnetno polje

Šta se dešava sa protonima kada ih stavimo u spoljašnje magnetno polje?







Kada se **P** nađu u jakom **homogenom magnetnom polju** (pr. 0,02T)

za nekoliko sec. postižu maximalnu longitudinalnu magnetizaciju tj. orijentišu se paralelno ili antiparalelno.

Prirodno, više **P** se orijentiše paralelno jer zahteva manje energije.

10 000 000 i 10 000 007 razlika **007**

- **Precesija**

Proton kao čigra rotira oko smera mag.polja.

Precesiona frekvencija – broj precesionih krugova u 1 sec.

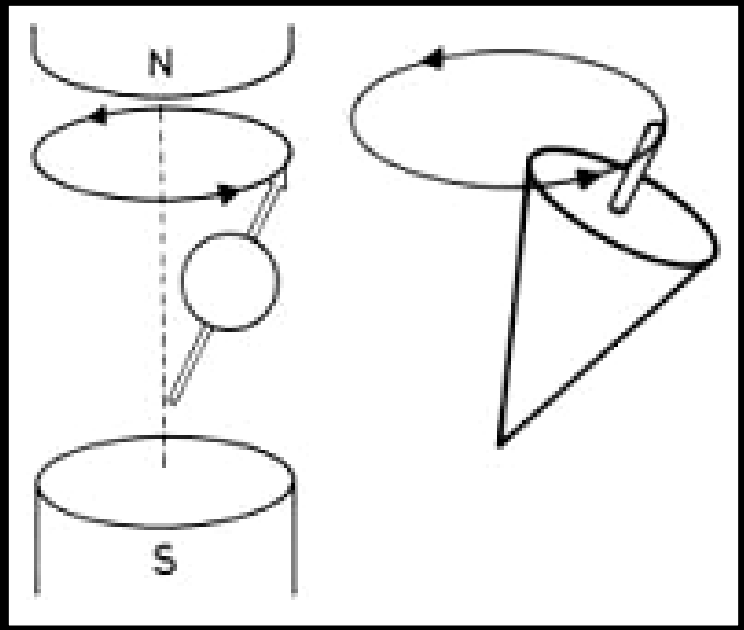
Nije konstantna veličina, već zavisi od jačine spoljašnjeg mag.polja. Moguće je precizno matematički izračunati.

Larmorova jednačina: $\omega_0 = \gamma B_0$

ω_0 - je precesiona frekvencija (MHz)

B_0 - jačina magnetnog polja (T)

γ - žiromagnetno odnos



Što je jače mag.polje i precesija je veća.

Bilo koje jezgro sa neparnim brojem protona može da proizvede MR signal.

Skoro svaki element u periodnom sistemu ima bar jedan izotop sa spinom različitim od nule.

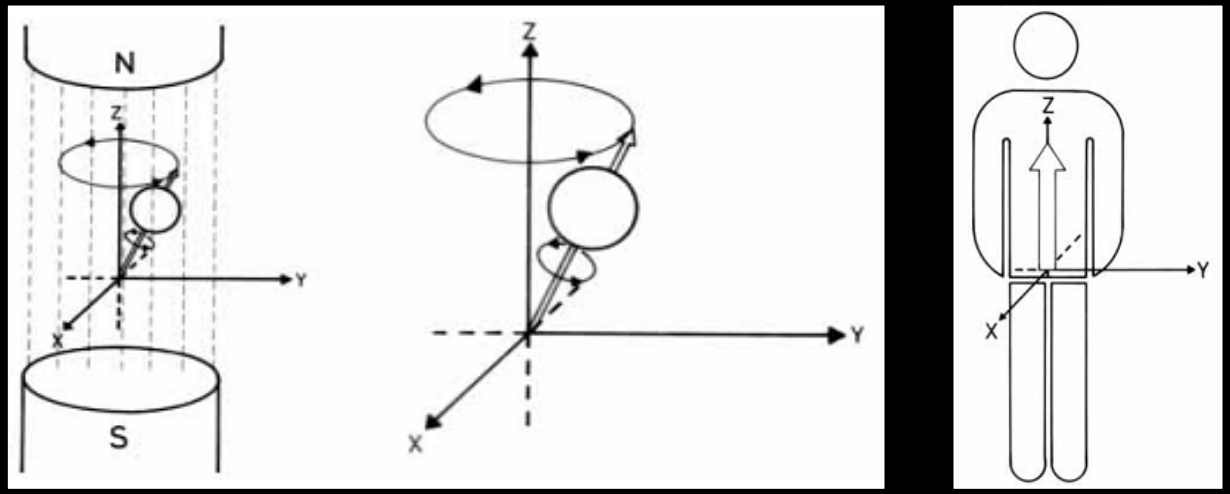
Jezgro	Nespareni protoni	Nespareni neutroni	Ukupan spin	γ(MHz/T)
^{1}H	1	0	1/2	42.58
^{2}H	1	1	1	6.54
^{31}P	0	1	1/2	17.25
^{23}Na	2	1	3/2	11.27
^{14}N	1	1	1	3.08
^{13}C	0	1	1/2	10.71
^{19}F	0	1	1/2	40.08

H pri 1T = 42,58 MHz

- "izuzetak" jegro sadrži samo proton
- velika prirodna zastupljenost
- visoka osetljivost mr signala

Koordinatni sistem.

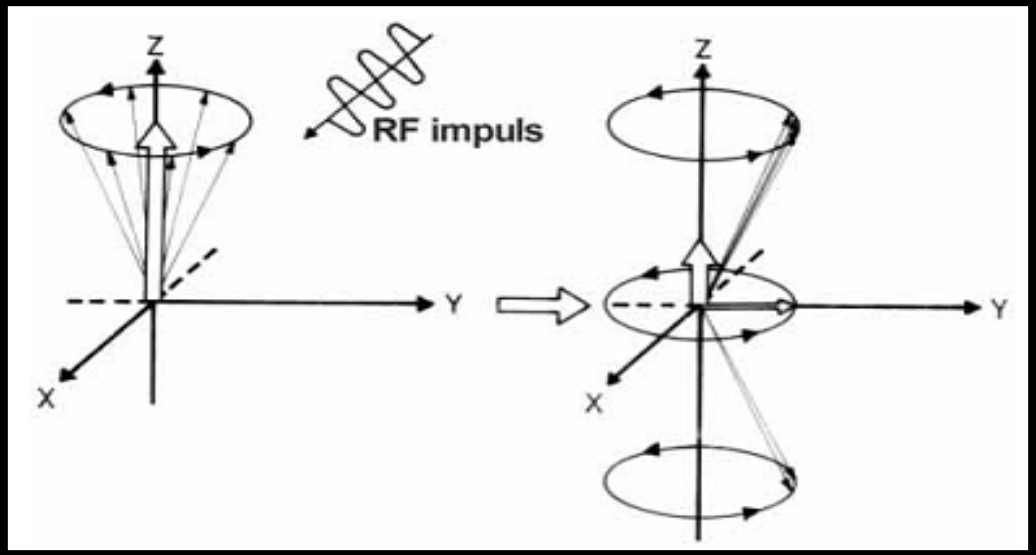
Vektor predstavlja određenu silu koja deluje u određenom smeru.



U jakom spoljašnjem mag.polju pacijent sam postaje magnet, stvara se novi magnetni vektor.

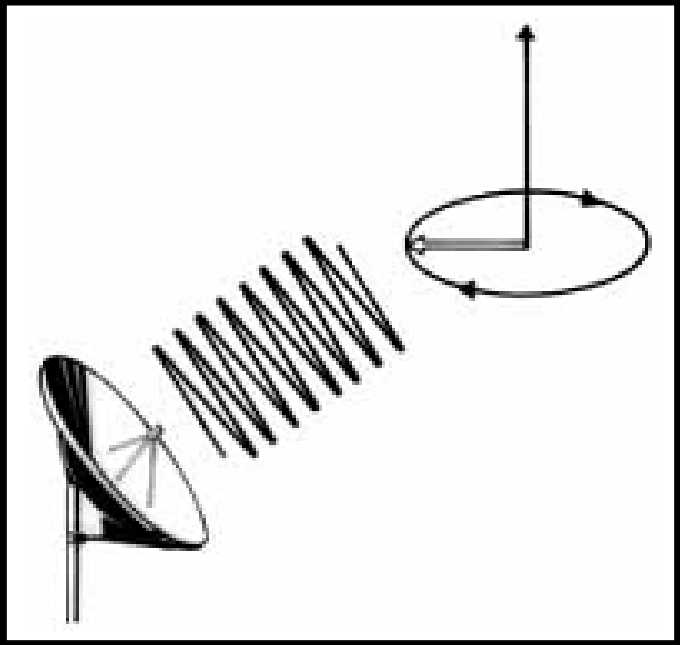
Nakon uvođenja pacijanta u magnet počinjemo da emitujemo radio-talase odgovarajuće frekvencije.

Samo kada RF impuls i protoni imaju istu frekvenciju, proton može uzeti nešto energije a ovaj fenomen se zove **rezonancija**.



Protoni će apsorbovati ovu energiju i biće izvedena iz pređašnjeg položaja, dobiće neku drugu orijentaciju u prostoru i promenu ugla orijentacije, (najčešće to bude za 90^0) i tada long.magnetizacija pada na nulu, a uspostavlja se transverzalna magnetizacija, kao nestabilno ekscitirano stanje.

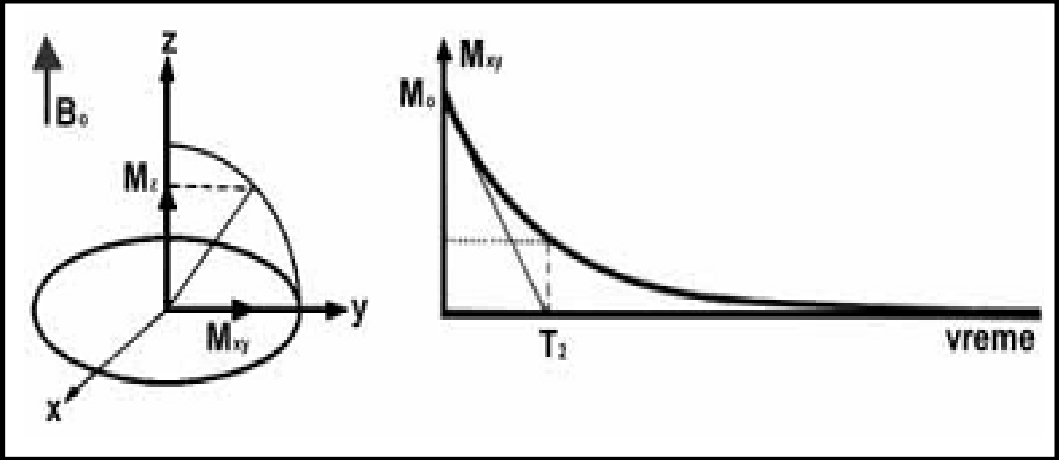
Novonastali transveralni magnetni vektor se kreće ukrug zajedno sa protonima koji precesiraju. Na taj način transverzalna magnetizacija stalno menja pravac u odnosu na posmatrača.



U toku kretanja magnetnog polja stvara se (indukuje) el.struja u prijemnom kalemu.

To je **merljiv signal**.

T2 relaksaciono vreme

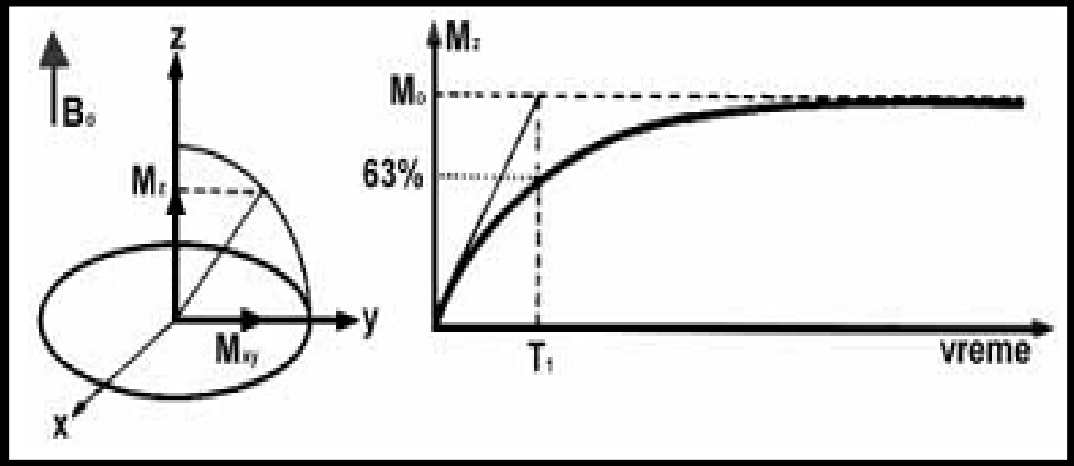


Po prestanku dejstva RF impulsa, protoni prestaju sinhrono da se kreću, izlaze iz faze, ceo sistem se vraća u stanje ravnoteže - T2 relaksacija.

Novonastala transverzalna magnetizacija počinje da nestaje s vremenom (30 – 150 msec.) spadne na 37% svoje prvobitne vrednosti.

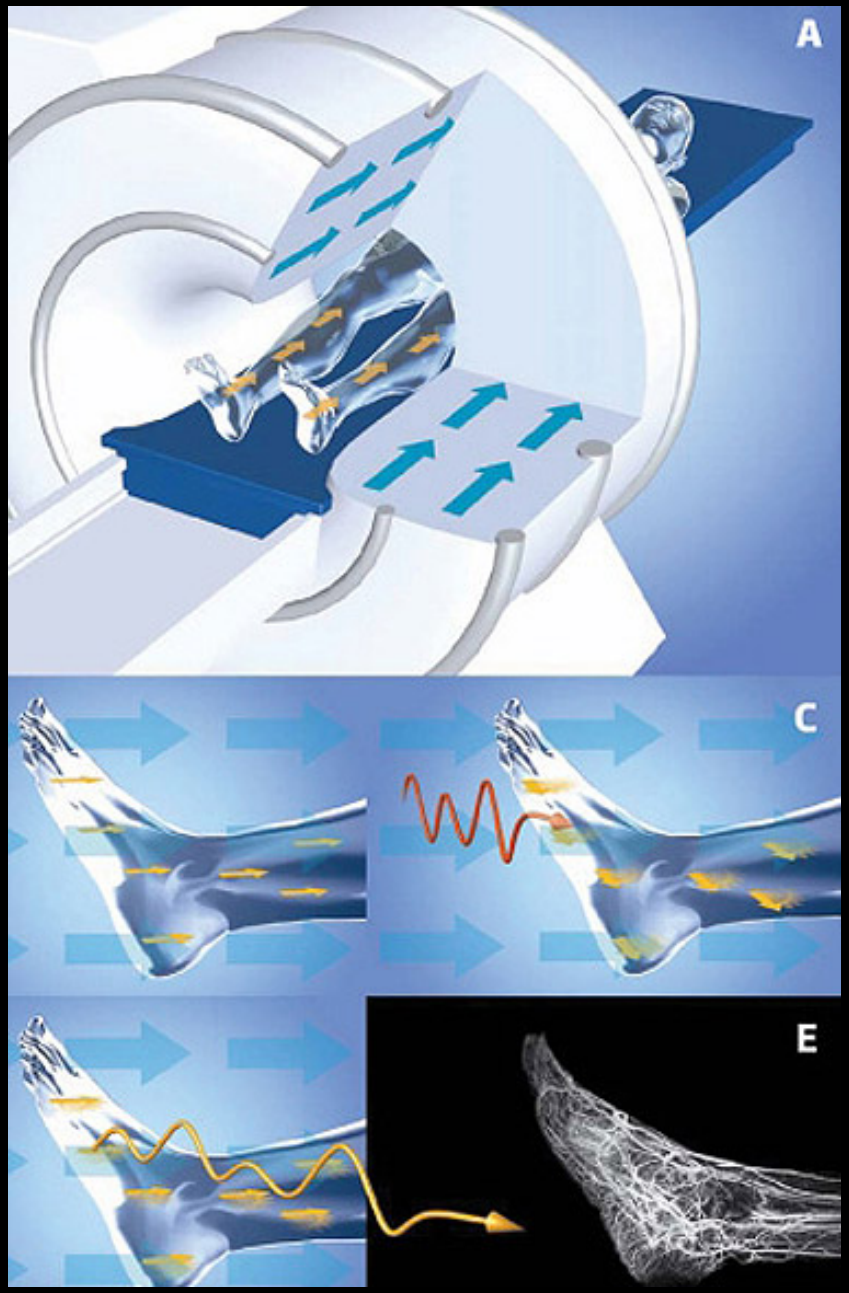
Na svaki proton deluje malo mag.polje susednih jezgara, zato se ova relaksacija zove i spin-spin relax.

T1 relaksaciono vreme



Longitudinalna relaksacija ide po eksponencijalnom zakonu, uzima se vreme (300 – 2000 msec.) potrebno da se obnovi 63% prvobitne long.magnetizacije.

To ne rade svi protoni istovremeno, već je jedan kontinuirani proces. Svoju energiju protoni predaju svom okruženju (spin-strukturna relaksacija, spin-lattice)


A
C
E

Pulsne sekvence

Korišćenje više od jednog RF impulsa naziva se pulsna sekvenca.

Koriste se različiti pulsevi (90^0, 180^0) pri čemu i vremenski intervali između njih mogu biti različiti.

TR (time to repeat) vreme ponavljanja. U tkivo prvo pošaljemo RF puls od 90^0 sačekamo određeno vreme, posle toga šaljemo još jedan RF puls od 90^0.

Intenzitet signala iz različitih tkiva će biti različit T1W (weighted) naglašena slika.

TR_{short} - kraće od 500 msec., TR_{long} – duže od 1500 msec.

TE (time to echo) vreme do eha. Najpre pošaljemo RF puls od 90^0 a nakon određenog vremena TE/2 RF puls od 180^0. Smanjiće se transverzalna magnetizacija, odnosno primićemo spin eho signal.

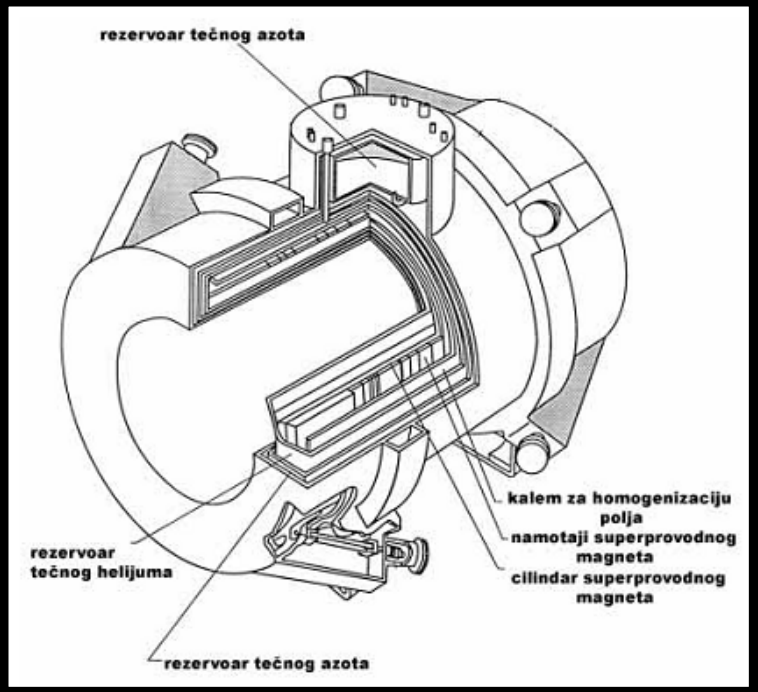
Komponente uređaja

- Izvor homogenog mag.polja
- Gradijentni podsistem
- Radiofrekventni kalemovi
- Računar



1. Izvor homogenog mag.polja

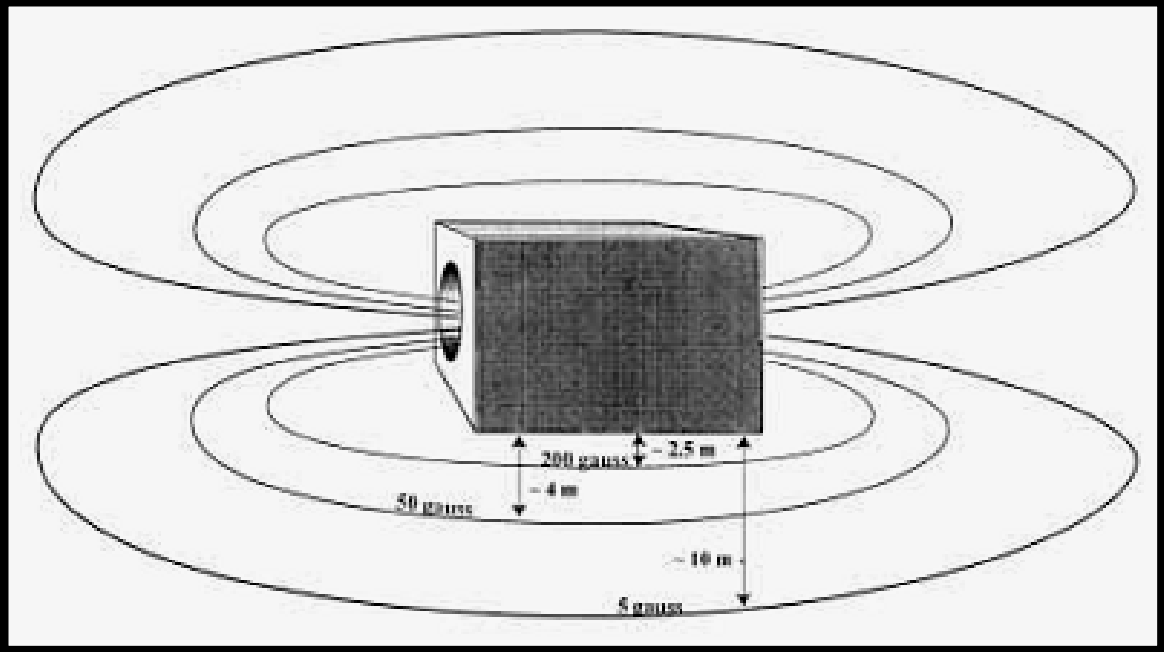
- Permanentni magneti 0,3 T
- Otporni 0,4 T
- **Superprovodni** 0.5 – 4 T



Namotaji žice, metali i legure (Ti-Niobium; V-Ga) gube otpornost na niskim T^0

hlade se slojem tečnog He, svrstani u nekoliko grupa zbog homogenosti polja (u obliku solenoida, tunelne strukture).

- **Shim** kalemovi za finu homogenizaciju mag.polja



Što je jače mag.polje veća je i površina dejstva kružnih mag.sila

- Pasivna zaštita - masivne čelične ploče po zidovima (8 tona)
- Aktivna zaštita - kalemovi sa obrnutim smerom struje potiru mag.polje ali povećavaju cenu uređaja

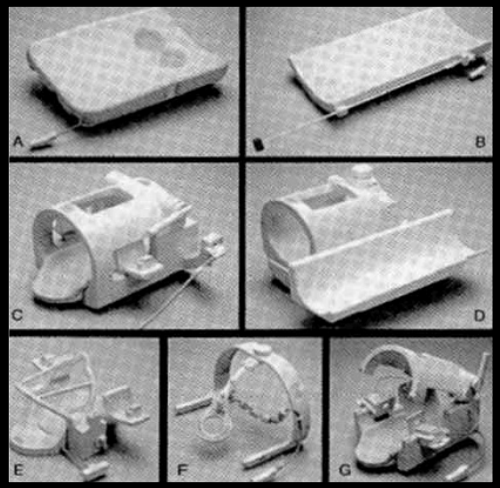
2. Radiofrekventni kalemovi

Za generisanje i detekciju RF impulsa (Emiteri i Rezonatori).

Postavljaju se u blizini tela (glavu, telo, površinski-koleno,...)

Može se koristiti jedan ili više manjih za fazni rad (višeslojno snimanje).





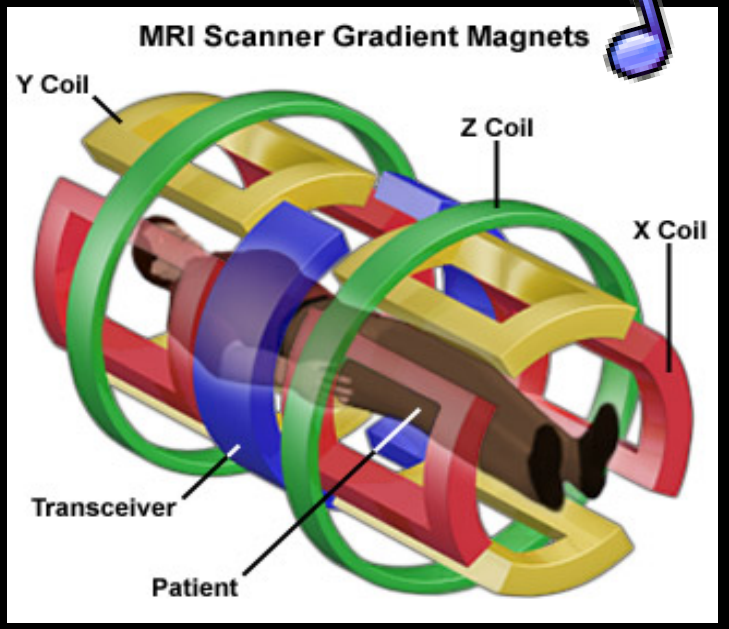
Snaga RF kalemova zavisi od jačine mag.polja (i raste sa kvadratom). Za polje od 1,5 T mora 9 puta jači RF signal nego za polje od 0,5 T.

3. Gradijentni podsistem

Služe za selekciju preseka.

Nalaze se u stativu zajedno sa osnovnim mag.poljem.

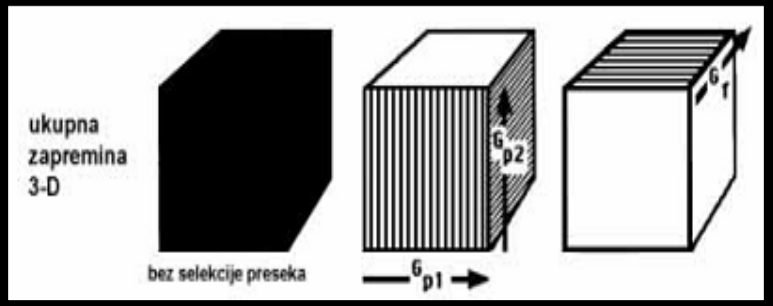
Tokom rada se uklj.-isklj. i prave buku (dB)



Jačina magnetnog polja se povećava u različitim slojevima tela idući od stopala ka glavi. Na protone u različitim slojevima tela deluju mag.polja različitog intenziteta pa oni imaju različite frefvencije. Da bi se pobudili protoni RF pulsevi moraju da imaju različite frekvencije.

Linearni poremećaj osnovnog mag.polja u 3 osnovna pravca (X-Y-Z).

- Rekonstrukcija slike



2D <u>snima se svaki sloj posebno</u>

Prvi gradijent za pobuđivanje spinova; Drugi za lokaciju u dimenziji; Treći za položaj elemenata u drugoj dimenziji.

Može se izvesti na dva načina:

- snimanje jednog sloja - prvo se primeni gradijentno polje, a onda se na željeni sloj tkiva deluje odgovarajućom frekvencijom radiotalasa
- višeslojno snimanje - prvo se primeni gradijent a onda se na različite slojeve tkiva deluje radiotalasima različitih frekvencija, ali ne baš istovremeno, nego sa malim kašnjenjem.

3D <u>snima se cela zapremina</u>, a slojevi se razdvajaju pri rekonstrukciji slike. Složeni proces koji pobuđuje **P** iz određene zapremine.

3-D proces daje najtanje slojeve, ali dugo traje.

- Debljina preseka

Gradijentno polje u koje uvodimo pacijenta nije iste jačine u čitavom prostoru.

Od stopala do vrha glave 60 - 68 MHz. Ako koristimo RF puls od 64 - 65 Mhz dobićemo neku debljinu sloja.

Ali kada koristimo strmije gradijentno polje 56 – 72 MHz sa istim RF pulsom dobijamo manju debljinu preseka.

- Body coil
- Gradient coils
- Shim coil
- Surface coils



Jako magn.polje proteže se daleko van magneta. Može da privuče teške metalne predmete.

Spoljni uticaji:

- Da bi se sprečila interferencija sa radio talasima čitav MR sistem se mora ograditi faradejevim kavezom.
- Veliki metalni objekti posebno ako se kreću (liftovi, pokretne stepenice, automobili, kamioni, ...) remete mag.polje, moraju se nalaziti dovoljno daleko.





4. Računar



Multiprocesorski

- Objedinjuje rad podsistema i veliki broj operacija koje moraju da budu sinhrone. Bira se odgovarajući protokol.

  Prikupljeni podaci obrađuju u više ciklusa.
- Rekonstrukcija i prikaz slike

  (Fourier transformacija - radi se o matematičkim operacijama)
- Memoriše podatke

MR slika

Za dobijanje kontrasta na slici bitni su:

- PD (protonska gustina)
- T1 i T2 relaksaciona vremena

Opterećenje (weighting):

Manipulacijom pulsnih parametara omogućuje se predominacija jednog nad ostala dva kontrastna mehanizma.

- TR
- TE



T1w

Slika na početku tamna, pa postaje sve svetlija

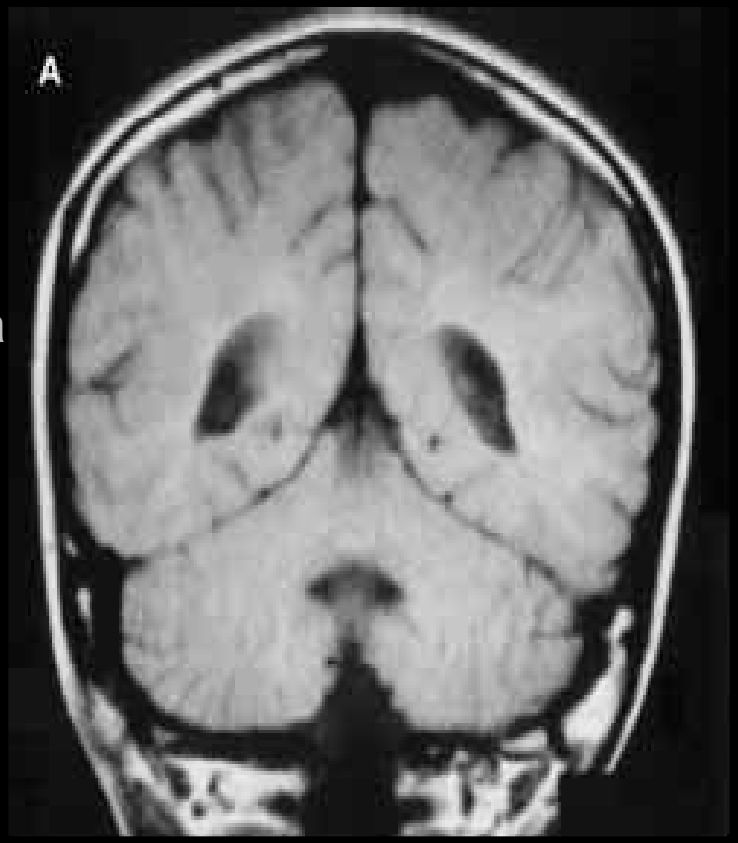
Siva masa je tamnija od bele.

CSF je taman.

Mast je svetla.

Čvrste strukture tamnije

(ne dozvoljavaju brzo vraćanje long.mag.)



Protonska gustina

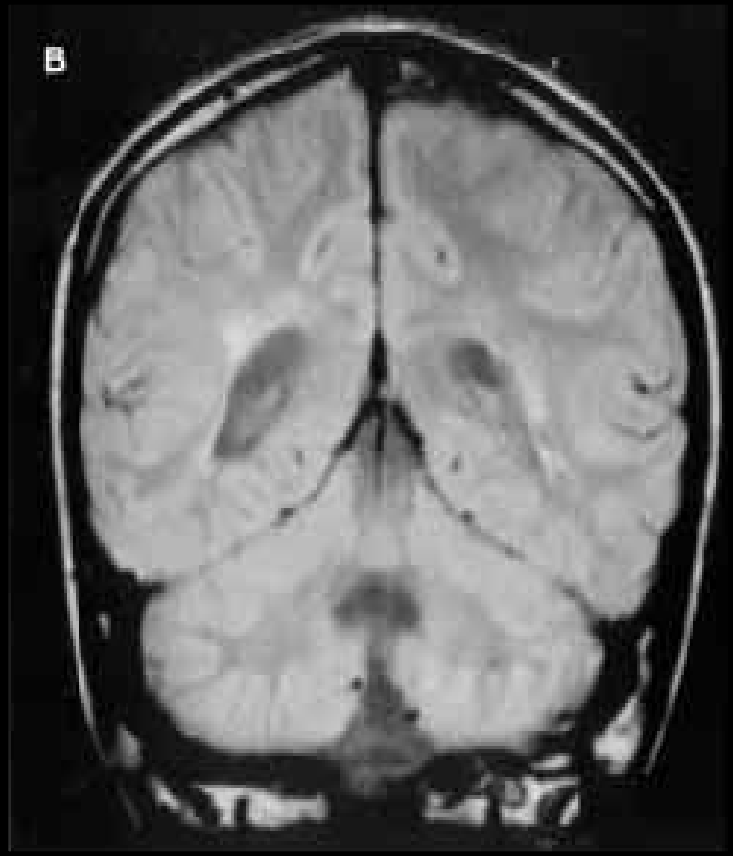
Tkiva koja imaju više protona u volumnoj jedinici (jači magnetizam), daće jači signal a slika će biti svetlija.

(analogna je gustini kod CT)

Visoke protonske gustine: parenhim mozga, mišićno tkivo, koštana srž, ...

Niska protonska gustina: kompakta kosti,...

Kontrast između sive i bele mase postaje obrnut



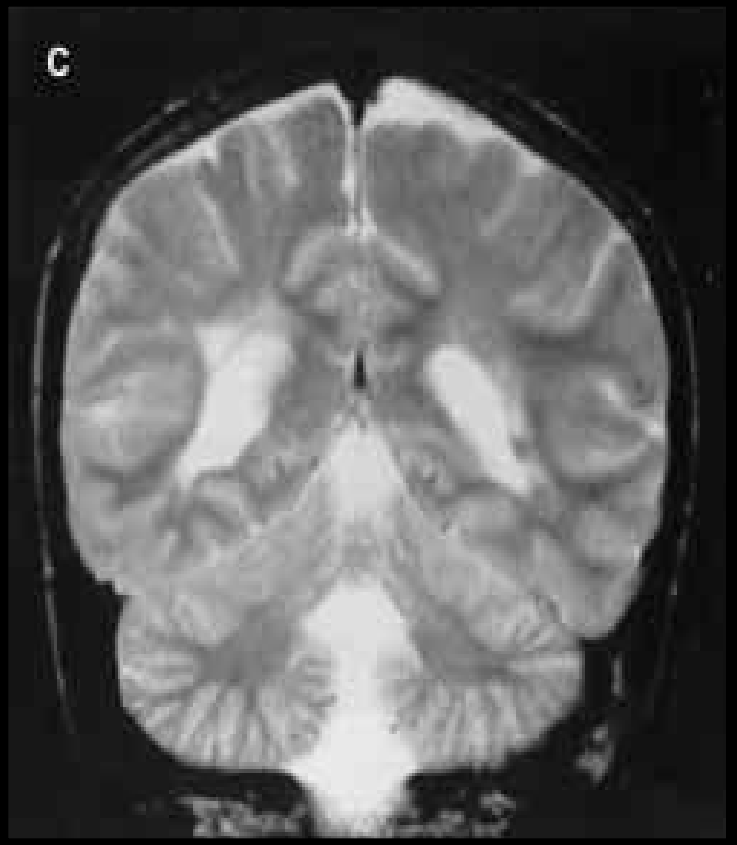
T2w

Tkiva na slici postaju sve tamnija.

Slika dobijena registrovanjem T2 obrnuta je od slike dobijene T1. Tkiva sa kraćim vremenom T2 brže potamne.

CSF svetao

Mast tamna



Relaksaciono vreme nije isto za sva jezgra

Neka tkiva odašilju signale većeg ili manjeg intenziteta od uobičajenih, normalnih vrednosti, što upućuje na mogućnost da su takva tkiva zahvaćena patološkim procesom.

- temperatura
- viskoznost
- količina vezane vode u tkivima
- protoka krvi
- količine masnog tkiva
- ...

U medicini se koriste dve metode



MR tomografija

daje sliku složenih sistema ljudskog tela, slično kao CT, ali bez upotrebe rendgenskog zračenja

MR spektroskopija

ispituje strukturu raznih homogenih sistema (krvni serum, pleuralni izliv, zdravo tkivo, tumorsko tkivo)

Vreme snimanja



a.t. = TR x br.Linija x 2D

1 sec/sekvenci x 128 Lin x 2 vreme ponavljanja = 256 sec

4,16 min *po preseku* x 10 preseka = **42 min**

Iz određenih razloga nije dovoljno izmeriti samo jedan signal, već sabrati signale nekoliko merenja da bi smo dobili nekoliko srednjih vrednosti, čime se dobija slika visokog kvaliteta. U stvari dobijamo sliku sa dobrim odnosom signal-šum (SNR).

pixel = 1024 x 768 redova

Dok čekamo ponavljanje TR sekvence pri snimanju jednog preseka, možemo izvršiti merenja u jednom ili više različitih preseka.

Istovremeno se vrši merenje na 32 tačke (jednokanalni aparati rade jednu po jednu tačku redom). Tako se pregled drastično ubrzava.

Biološki efekti

Na telo deluju

- **Statičko** mag.polje

  0,0015T glavobolja, vertigo, insomnija, malaksalost, bol u srednjogrudju, svrab,

  0,1T povećanje amplitude T talasa,

  1,5T ne izaziva promene u T^0, bioelektrične osobine

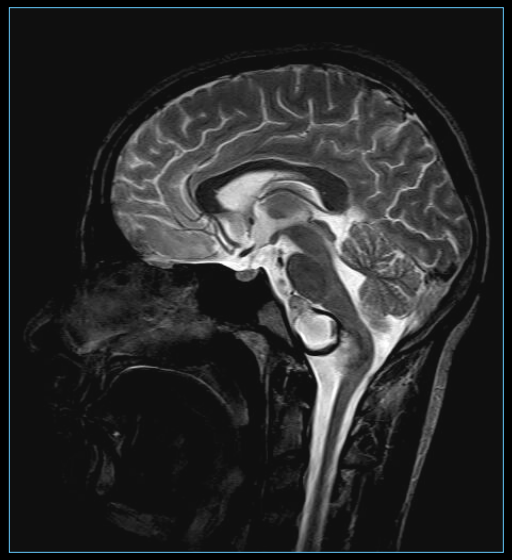
- **Gradijentno** mag.polje

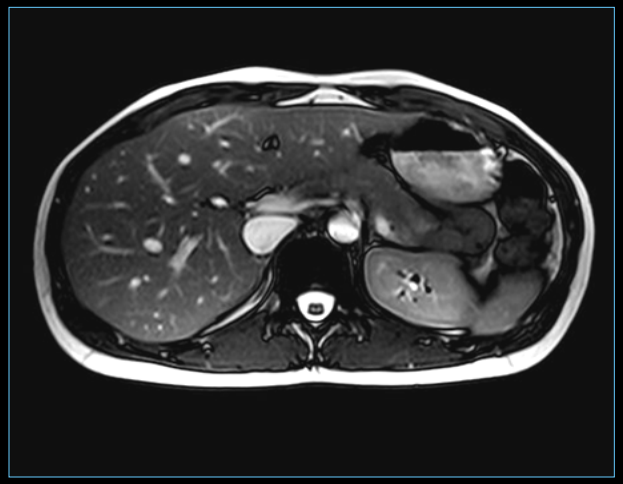
  ventik.fibrilaciju, aritmije, remeti rad pacemakera, epileptogeni potencijal, bol u kostima, vizuelne senzacije

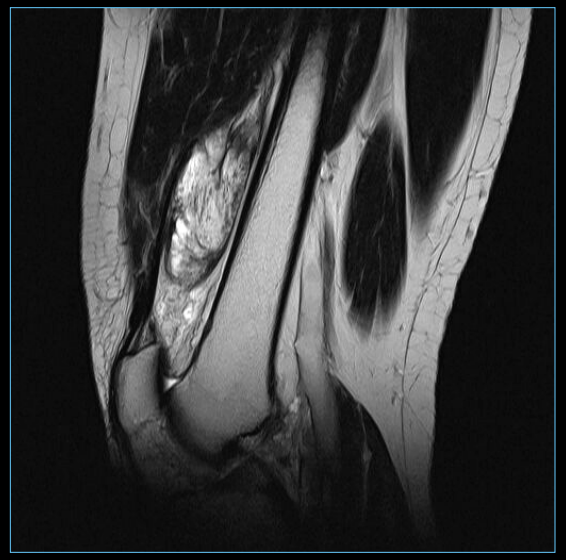
- **RF impulsi** T^0 rožnjače za 1,8^{0}C

Prednosti

- Nema jonizujućeg zračenja
- Neinvanzivnost
- Promene kontrasta slike različitih tkiva
- Multiplanarna projekcija bez promene položaja bolesnika







Nedostaci

- Dugo trajanje pregleda (preko 15 min)
- Klaustrofobija
- Kontraindikacije

- Cena uređaja
- Cena pregleda
- Dostupnost uređaja



Apsolutne kontraindikacije

- Pacemakeri (otkazuju na 10 G)
  Diskete, mag.trake - 50 G

- Metalni implanti
  (valvule, ortopedske i stomatološke proteze, ...)
- Aneurizmalni klipsevi
- Hirurški stapleri
- Inplantirani sistemi za inf.
  (insulinske pumpe, automatski injektori lekova, drenažni sistemi sa automatskim podešavanjem protoka,...)









Apsolutne kontraindikacije

- Neurosimulatori (TENS units)
- Kohlearni implantati i slušni aparati
- IntUtContracepDevice (spitala)
- Šrapneli i strani metalni objekti
- Strana tela u oku

- Pirsing i obimne tetovaže
- Permanentni eyeliner











Relativne kontraindikacije

- prvi trimestar trudnoće
- deca do 12 godina života (samo do 1.5T)
- ekstremna gojaznost
- bolnost
- nekooperativni pacijenti
- pacijenti sa nevoljnim pokretima
- anksioznost / klaustrofobija





Vodič za MRI preglede
(FDA 1988)

- Jačina stat.polja do 2T
- Gradijent mag.polja u dB
- T^0 i zagrevanje tkiva

Mere opreza

- Ne u prva 3 mes. trudnoće
  Da u 2 i 3 mes. kada druge nejonizujuće metode nisu adekvatne
- KS prolazi placentu
- nakon KS Laktacija ne u 48h (izluči 99,2%)



Ugradni dentalni materijali

Najizraženija feromagnetna svojstva	Fe , Co, Ni.
Izražena feromagnetna svojstva	Gd, Dy (disprozijum), Tb (tebijum), Ho (holmijum), Er (erbijum), ...

- Dentalne legure ne predstavljaju opasnost za zdravlje bolesnika pri MR pregledu.
- Metalni objekti fiksirani u orofacijalnoj regiji ne mogu se pomerati za vreme MR pregleda 0,5 – 1,5 T (<3T)
- Intenzitet zagrevanja dentalne konstrukcije je beznačajan.
- Bazične legure mogu uzrokovati artefakte.
- Novije legure i komercijalni čist Ti ne uzrokuju uvek artefakte.

Intenzitet artefakta zavisi od:
pozicije,
regije snimanja,
primenjenih sekvenci
jačine MR polja.





1895 1995



http:// www.med.pr.ac/katedra/interna-medicina.php
e-mail: nikolicsimon@ikomline.net

Razvojni put nauke
i njen doprinos civilizaciji

MR nastla iz želje fizičara da saznaju nešto više o strukturi atomskog jezgra.
Razvoju metode doprineli hemičari u želji da razumeju strukture organskih molekula.

Metoda je doprinela biohemiji za određivanje strukture bioloških makromolekula.
U biologiji za ispitivanje bioloških procesa.
U medicini kao nezamenljiva dg. metoda za snimanje mekih tkiva.

RSNA® Radiological Society of North America

1984 g. Am. udruženje radiologa
da bi uklonilo asocijaciju
na nuklearne rekcije i bombe

~~NMR~~ → **MRI**