

MAGNETNA REZONANTNA TOMOGRAFIJA- RADIOLOŠKA PROCEDURA



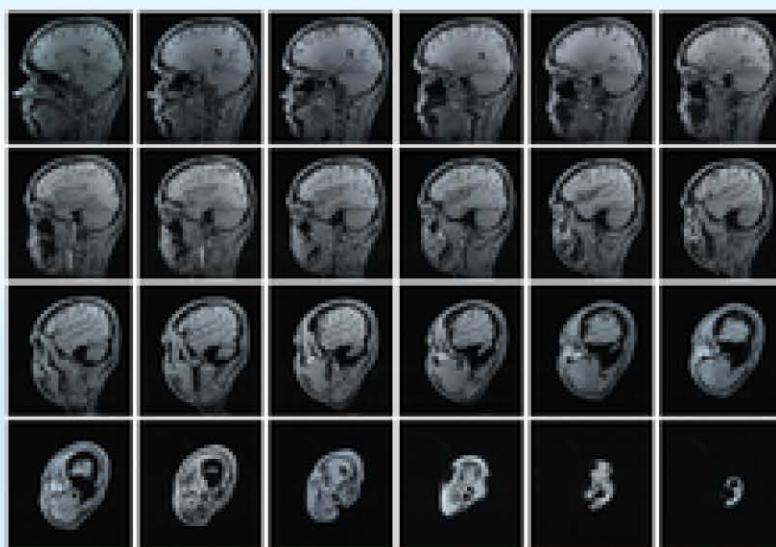
MAGNETNA REZONANTNA TOMOGRAFIJA - RADIOLOŠKA PROCEDURA

Magnetna rezonantna tomografija (MRT) (engl. *Magnetic Resonance Imaging - MRI*), je radiološka metoda koja se zasniva na primeni jakog magnetnog polja i savremene računarske tehnike za obradu slike u cilju sagledavanja unutrašnjih struktura i funkcionisanja tela. Magnetna rezonancija (MR) je jedan od poslednjih revolucionarnih pronađazaka u radioološkim dijagnostičkim metodama. MRT se zasniva na principima nuklearne magnetne rezonancije (NMR) tehnike spektroskopije koju koriste naučnici za dobijanje podataka o hemijskim i fizičkim svojstvima molekula.

Godine 1983. Američko udruženje radiologa je, da bi uklonilo asocijaciju na nuklearne reakcije i atomsku bombu, a pre svega zbog razvoja radiofobije kod ljudi nakon nuklearnih katastrofa na ostrvu Tri Milje 1979. i Černobilju 1986., predlaženo je da se iz naziva nuklearna magnetna rezonancija, izostavi termin nuklearna pa je u medicini NMR dobila novi naziv, poznat kao magnetna rezonantna tomografija. Joel D. Howell ekspert za istoriju medicine, ovako iznosi svoj stav prema promeni naziva:

„To je učinjeno zbog nekih interesa u korist MR koja se već dugo koristi za proučavanje neživih objekta pod imenom nuklearna magnetna rezonancije („NMR“). Kada je ova tehnologija počela da se primenjuje na ljudskim bićim, naziv je promenjen u MR kako mašine sa imenom „nuklearna“ ne bi uplašile ljude.“

Novi naziv omogućio je lakši prodor ove tehnike na tržište, međutim i dalje se u praksi može naći na primenu oba termina.



Serija snimaka glave načinjena MRT

Istorijat

Nuklearna magnetna rezonanca

Razvoj magnetne rezonantne tomografije počinje početkom dvadesetog veka istraživanjima kvantno mehaničke prirode atomskih jezgra, 1930, od strane fizičara Isidora Rabija (1898-1988), sa Univerziteta Kolumbija, koji je prvi počeo da proučava magnetska svojstva atoma. On je izlagao molekule litijum hlorida magnetnim poljima i radio-talasima sa ciljem da podstakne i izmeri frekvencije koja se javlja u toku rezonancije kada jezgro apsorbuje energiju radio-signala. Ova tehnika omogućila je Rabiju da sazna kako su atomi vezani zajedno i kako im se ponašaju jezgra pogodene u blizini atoma. Isidor Rabi sa svojim saradnicima 1938, verovatno nije očekivao da će njegovo otkriće biti značajno ne samo za fiziku već i za medicinu.

U 1946. Edvard Parcel i Feliks Bloh, nezavisno, prvi su otkrili fenomen magnetne rezonance. Prvo je Edvard Parcel (Edward Purcell 1912-1997), demonstrirao postojanje NMR-a u slučaju jednog litra parafina u čvrstom stanju, čiji su vodonikom atomi, odnosno njihova jezgra (protoni), ispoljila ista svojstva kao nuklearna jezgra u Rabijevom eksperimentu. Skoro istovremeno, Feliks Bloh (Felix Bloch 1905-1983), je na Stenfordskom (Stanford) Univerzitetu, pokazao postojanje nuklearne magnetne rezonance u slučaju vodonikovih jezgara koji su se nalazili u vodi, u malom kontejneru zapremine dva kubna santimetra. Istraživači iz drugih akademskih centara odmah su uočili veliki značaj Parcelovog i Blohovog metoda za ispitivanje osobina nuklearnih jezgara u sastavu molekula, tečnosti i čvrstih tela i za ovo otkriće 1952. oba istraživača predložili za dodelu Nobelove nagrade. Između 1950. i 1970., NMR je neprekidno razvijana i korišćena samo za hemijske i fizičke analize molekula.

Godine 1972. je prvi put predstavljena kompjuterizovana tomografija (ST), zasnovana na rendgen emisiji. „*Ovaj datum je bio i prekretnica u istoriji magnetne rezonantne tomografije, jer je ovo otkriće pokazalo da su bolnice spremne da dobровoljno troše velike sume novca za vizuelnu (engl. „imaging“) medicinsku opremu.*“

Magnetna rezonantna tomografija

Magnetne rezonantna tomografija je relativno nova tehnologija. Prvi snimci načinjeni MRT su objavljeni 1973., prva slika preseka živoga miša je objavljen u januaru 1974. Rane studije na ljudima su objavljene 1977. Poređenja radi, prva radiografija čoveka obavljena je 1895.

Za pionira u oblasti primene magnetne rezonance u medicini smatra se Pol Loterbur (*Paul C. Lauterbur; 1929-2007*), koji je u časopisu Priroda 16. marta 1973. objavio tekst pod nazivom; (engl. *Image formation by Induced Local Interaction; Examples Employing Magnetic Resonance*)-

„*Kreiranje slika pomoću indukovane lokalne interakcije; primeri upotrebe magnetne rezonancije*“.

Pol Loterbur je otkrio da se gradijenti u magnetnom polju mogu koristiti za stvaranje dvodimenzionalne slike,

„*Pol Loterbur je 1973. predložio da se umesto homogenog magnetnog polja koristi magnetno polje sa malim lokalnim varijacijama (gradijentima) i da se tako omogući snimanje NMR signala koji se menja od jednog do drugog mesta pacijentovog tela. Ali, to je nametnulo novi problem - Kako ovi promenljivi signali da se snime i da se pomoću njih dobije slika koja će prikazivati razne crno-bele nijanse na raznim mestima?*“

Ovaj matematički problem rešio je 1977. engleski fizičar Piter Mensfield (*Sir Peter Mansfield, 1933-*), svojim matematičkim analizama gradijenta slike.

„*Na kraju, trebalo je konstruisati komoru veličine normalnog čoveka u kojoj bi moglo (po potrebi) da se ostvari magnetno polje koje je više od 20.000 puta jače od Zemljinog magnetnog polja (magnetno polje se karakteriše veličinom magnetne indukcije B čija je osnovna jedinica jedan Tesla (1T), a nekad je osnovna jedinica bila jedan Gaus (1G), pri čemu je indukcija od 1T 10.000 puta veća od indukcije veličine 1G; Zemljino magnetno polje ima magnetnu indukciju od približno 0,5 G, odnosno 0,00005 T)... To je bio zadatak koji je uspešno rešen krajem sedamdesetih i ranih osamdesetih godina prošlog veka, pa su time bili ostvareni svi uslovi da metod NMR kreće u svet medicine*“.^[4]

Godine 1974. Rejmond V Demadien (engl. *Raymond V. Damadian*), patentira dizajn i upotrebu magnetne rezonancije (U. S. patent 3.789.832) za otkrivanje raka. Godine 1980. on je napravio prvi komercijalni MRT aparata, ali nije uspeo da ga proda i on nikada nije klinički korišćen u 1980. za jedan snimak bilo je potrebno oko 5 minuta, da bi se do 1986., vreme snimanja skratio na 5 sekundi bez značajnih gubitaka na njenom kvalitetu. U istoj godini je napravljena i NMR mikroskop, što je omogućavalo postizanje rezolucije od 10 mm na uzorcima 1 sm.

1988. Dimulen poboljšava MR angiografiju, tako što je omogućio prikazivanje protoka u krvnim sudovima bez korišćenja kontrastnog sredstva.

Godine 1991., za dostignuća u oblasti impulsne NMR i MR, Ričard Ernst je dobio Nobelovu nagradu za hemiju.

Komisija za dodelu Nobelove nagrade ignoriše pionira u prikazivanju MR Rajmonda V Demadiena i Nobelovu nagradu za ova otkrića i velike prednosti u primeni magnetne rezonancije u medicini, dodeljuje Polu Loterburu i Ser Piteru Mensfildu u oblasti fiziologiji ili medicine (mada je u stvaranju MRI metoda učestvovalo više istraživača).

Korišćenje MRI uređaja, odnosno MRI skenera, pokazalo se veoma korisno za brzo i precizno postavljanje dijagnoze kod promena na mekim tkivima, posebno kod pregleda mozga i srca. Kako kod ovih uređaja ne postoji opasnost od ionizujućeg (rendgen) zračenja, oni su sve više bili u prednosti u odnosu na metod kompjuterizovane tomografije (CT).

Oprema

Osnovne komponente aparata

- *Tunel sa magnetima*
- *Magnet, radiotransmiter, velike snage*
- *Radiofrekventni kalemovi*
- *Računar (kompjuter) za obradu podataka*

Tunel sa magnetima

Telo aparata za MRT sastoji se od velikog cilindra u obliku tunela (cevi ili prstena), koji na krajevima može biti zatvoren ili otvoren. Cilindar je okružen kružnim magnetima koji proizvode magnetno polje u čijem srednjem delu se nalazi ležaj za smeštaj pacijenta.

Takođe iznad cilindra ili prstena, aparata, prema plafonu, aparati se nastavlja nekom vrstom cevi, sličnoj dimnjaku, kroz koju prolaze razni kablovi, sistemi za hlađenje i provetranje i protivpožarni sistemi.



Pogled kroz tunel sa magnetima MRT

Unutrašnjost aparata ima sav komfor za pacijenta (kao što je osvetljenje, ventilacija ...) i sredstava komunikacije između pacijenata i lekara (mikrofon i zvučnike). Njen unutrašnji prečnik varira neznatno, zavisno od proizvođača i modela, ali je oko 60 cm u prečniku.

Magnet, radiotransmiter, velike snage

Magnet je srce aparata i ujedno najskuplji deo magnetne rezonance (MRT). Unutrašnjost magneta je u obliku tunela, dovoljno velikog da se u njega smesti telo bolesnika, a izrađen je od superprovodljive žica, dužine nekoliko kilometara koja se hlađi tečnim helijumom na temperaturi blizu apsolutne nule (-273,15°S ili 0 K) što omogućava skoro nulti otpor. Kalemni žice se hlađe na temperaturu od 4,2 K., uranjanjem u posude sa tečni helijum. Ova posuda je obično okružena bocom sa tečnim azotom (77,4K), koja služi kao termoizolator između sobne temperature (293 K) i tečnog helijuma.

Njegova uloga je da proizvede konstantno i trajno magnetno polje, koje je paralelno sa uzdužnom osom bolesnika koji leži u magnetnom tunelu. Glavno magnetno polje određuje rezonantnu frekvenciju ali i visinu signala koji skoro linearno raste sa porastom polja (u okviru vrednosti koje se danas redovno koriste (0.2 do 3 T). Što je polje jače (3 T i više), takođe rastu i dielektrični efekti samog tkiva što otežava snimanje i uvodi nove artefakte. Ipak, povišen nivo signala omogućava snimanje u većoj rezoluciji (sa više detalja) i tanjih slojeva.

Jačina magnetnog polja koje se koristi u MR meri se jedinicom „tesla“ (T). Jačina ovih uređaja kreće se od 0,1 do 8,5 T. U kliničke svrhe koriste se magneti jačine između 0,1 i 4,0 T, (najčešće između 0,5 i 1,5 T) a u eksperimentalnim laboratorijama i do 8,5 T, pa i više)

- *Glavne kvalitativne osobine magneta su:*
 - *magnetno polje visokog intenziteta* (kako bi se poboljšao odnos signal-šum);
 - *dobra vremenska stabilnost magneta* (magnetno polje mora imati stalni intenzitet);
 - *dobra homogenost magnetnog polja* (npr. 0,2 rrm (delova na milion) u prostoru prečnika 36 sm što je prosek prečnika antene koji emituje ili prima kranijalni prozor što je minimalno polje homogenosti koji mora da ispune proizvođači MRT aparata u većini zemalja sveta).
- *Ovi kvaliteti se traže kod tri vrste magneta koji postoje na tržištu:*
 - *Permanentni magneti.*
 - *Elekromagneti ili hibridni magnet.*
 - *Supravodljivi magneti,* (danас су supravodljivi magneti najčešći).

Povećanja magnetnog polja omogućava značajno poboljšanje kvaliteta slike dobijene MRT, ali se postavlja pitanje o uticaju intenziteta magnetnog polja na ljudski organizam? Dosadašnja istraživanja, nisu pokazala nikakav štetan efekat na telo, osim par „vrtoglavica“, zbog slabije indukcije električne struje u pojedinim neuronskim strukturama mozga.

Radiofrekventni kalemovi

Jedna od osnovnih komponenti MR aparata su kalemovi. Njihova svrha je da prenesu radio frekventne impulse do tkiva i / ili registruju dolazne signale. U trenutku rotacije protona oko ravni jakog magnetnog polja indukuje se električna struja (MR signal) koju registruju namotaji koji se postavljaju oko delova tela koji se snimaju. Tako nastaje kontrastna rezolucija dobijene slike, odnosno mogućnost da se pojedina tkiva razlikuju zavisno o jačini magnetizacije odnosno od jačine električnog signala na namotajima smeštenim oko delova tela koji se snimaju. Slikovito rečeno, ako se namotaji spoje sa električnom sijalicom, sijalica će zasvetleti (što zavisi od jačine magneta i karakteristika tkiva).

Postoji nekoliko tipova kalemova:

- *Kalemovi zvuka* – su deo svakog MR aparata. Potpuno okružuju ljudsko telo ili njegov deo. Primer; ". kalemovi za glavu (slično kao kavez koji se koristi da se snimanje glave), ali i veliki kalem ugrađen u samom telu aparata čija je svrha da emituje impulse radiofrekventnih talasa

- *Površinskih kalemova* – priključeni su direktno na površinu tela i oni variraju u obliku i nameni. Oni primaju signale sa površinskih struktura organa (služe za prijem signala)
- „*Shims*“ ili *namotaji za poravnanje* - koristi se za aktivno poravnanje homogenosti glavnog spoljašnjeg magnetskog polja.
- *Gradijent namotaji* – omogućavaju posebnu regulaciju magnetnog polja kalemova – omogućavaju podešavanja na mestu pregleda, jer oni prepoznaju uređaj sa koga dolaze signali i omogućavaju preciznu prostornu lokaciju dolaznih signala i pravilnu rekonstrukciju rezultate snimanja. Oni takođe izazvaju tipična šum u radu uređaja.

Računar (kompjuter) za obradu podataka

Svi dobijeni podaci računarski se obrađuju i proizvode se serijske snimci slojeva tkiva u sve tri glavne ravni ili kombinacijom tih ravni, što omogućava dobijanje kontrastne rezolucije i savršene prostorne rezolucije što je vrlo važno hirurzima pre planiranja operativnog ili nekoga drugog invazivnog zahvata.

Vrste uređaja



Savremeni MR uređaj



Aparat za MRT - otvorenog tipa

Najvažniji deo aparata za magnetnu rezonancu je spoljašnji izvor magnetnog polja - magnet. Snaga ovog polja je date u jedinicama Tesle (T) i kreće se u proseku od 0,2 do 3 T (eksperimentalne uređaji imaju i > 8 T). Magnetno polje mora da bude vrlo homogeno - a to je jedan od razloga velikih tehničkih problema u njihove proizvodnje i nameće visoke cene izrade.

Prema načinu proizvodnje magnetnog polja aparati za MRT se dela u tri osnovne kategorije:

- *Aparati sa stalnim magnetima* - magnetno polje stvara materijal u stalnom magnetnom polju što zahteva dodatnu snagu. Nedostaci su niska vrednost magnetnog polja - samo 0,3 T, osetljivost na promene temperature i velika težina (do 100 tona). Ovi uređaji se zbog niza problema u konstrukciji i korišenju više ne upotrebljavaju i ne proizvode.

- **Aparati sa elektro - magnetnim poljem;** koje stvara električna struja, tokom prolaska kroz kalemove. Oni imaju magnetna svojstva samo kada električna struja prolazi kroz njih. Ovi aparati imaju veliku potrošnju energije i zahtevaju masivno hlađenja. Oni su u stanju da dostignu veću snagu od aparata sa stalnim magnetima. Kod ovih uređaja je vrlo teško (zbog karakteristika samog materijala) postići dovoljno homogena polja jača od 0.4 T. Ipak vrlo su dugotrajni, jeftini za korišćenje, pouzdani i danas sa dobrim svojstvima. Vrlo su tiki i konforni za pacijente (nazivaju se i „otvoreni“). Posebno su poznati kao pogodni za intervencije (hirurgija, patologija itd). Magnetno polje kod njih nije moguće isključiti.
- **Aparati sa hibridnim magnetima** – imaju prednost jer su kombinacija prethodna dva tipa
- **Aparati sa supravodljivima magnetima** - danas su u ekspanziji. Magnetno polje se podešava u drajverima, koja se hlađe na temperaturi od -269°S , koje time stiče supravodljiva svojstva. Rezultat je gubitak električnog otpora, što omogućava stvaranja stalnog magnetnog polje, bez potrebe za dodatnim napajanjem električnom strujom. Da bi se očuvala supravodljivost nije potrebno da se dopunjavaju tečnim helijumom ili azotom. Glavna prednost ovog tipa aparata, je mogućnost da postignu visoku snagu i homogeno magnetno polje. Nedostatak je visoka cena i prilično visoki operativni troškovi, kao i dosta jak buka prilikom snimanja, a i uslovi snimanja i rada su im nešto stroži nego kod permanentnih.

Prema jačini magnetnog polja uređaje za MR tomografiju delimo na:

- *MRT niskog polja jačine* - 0,15 T do 0,5 T
- *MRT srednje polja jačine* - 0,5 T do 1 T
- *MRT visokog polja jačine* - 1 T do 3 T
- *MRT eksperimentalni* - više od 3 T(4 T, 5 T, 7 T, 8 T, ...) upotreba eksperimentalnih uređaja nije dozvoljena u standardnim medicinskim procedurama.

Radi upoređenja odnosa jačine, zemljino magnetno polje je jačine 50 μT (0.00005 T), ili 1,5 T je magnetno polje 30.000 jače od Zemlje.

Aparati sa slabim i jakim magnetnim poljem imaju svoje prednosti i mane - što ne znači da su jača polja uvek bolja. Aparati sa snažnim magnetnim poljem omogućava bolju prostornu rezoluciju i brzu dinamičku MR spektroskopiju ispitanika. Kontrast snimaka tkiva je kod aparata sa slabijim magnetnim poljem bolja a imaju i značajno niže operativne troškove.

Sami magneti moraju da bude odvojeni od svog okruženja, jer jaka magnetna polja mogu negativno uticati na osjetljivu elektronsku opremu ali i na ispitanike sa pejsmejkerom i drugim protetskim pomagalima. Takođe uređaj mora da bude odvojen od uticaja spoljašnje sredine,

naročito od širokog opsega radio-talasa, kako bi se izbegle smetnje u korišćenju radio frekvencija talasa. Zato je ceo sistem smešten u tzv. Faradejev kavez.

Princip rada



Šematski prikaz spina protona (*malog magnetnog dipola sa južnim i severnim polom*) i prikaz kombinacije magnetnog i mehaničkog momenta spina atomskog jezgra, koji je najčešće zbir spinova protona i neutrona koji ulaze u njegov sastav.

MRT zasniva se na kretanju protona (malog magnetnog dipola sa severnim i južnim polom) iz jezgra vodonika, koji sadrži tzv. magnetni moment ili spin. Ljudsko telo, se većim delom, sastoји od masti i vode. Mast i voda, se sastoјe od mnogo atoma vodonika, ili ljudsko telo se sastoјi od 63% atoma vodonika.

Atom vodonika emituje za NMR signale, koji prikazuje sliku, uglavnom zahvaljujući signalima iz njegovog jezgra. U svakoj ćeliji se nalaze molekuli vode. Svaki molekul vode sastoјi se od jednog atoma kiseonika i dva atoma vodonika, a svaki atom vodonika sadrži samo jedan proton. Atomska jezgra elemenata sa neparnim brojem protona (*kao što je vodonik*) i/ili neutrona poseduju mehanički moment (spin) i njemu pridruženi magnetni moment, koji se može predstaviti i kao slabo magnetno polje, koje emituje signale za NMR.^[11] Kako spin poseduje i mehanički moment, on se ponaša i kao čigra koju spoljašnje magnetsko polje ne može potpuno da orijentiše već ga navodi na precesiono kretanje i u spoljašnjem magnetskom polju spin precesuje oko pravca polja nagnut pod određenim uglom. Pri čemu je precesiona frekvencija jednak rezonantnoj frekvenciji.

Energija spina u spoljašnjem magnetskom polju, zavisi od ugla koji spin zaklapa sa poljem, a svakom ugalu odgovara određena energija to su energijska stanja spina podeljena na diskretnе, dobro definisane nivoe. Spinovi iz jednog energijskog nivoa mogu da pređu u drugi pod uticajem elektromagnetskih talasa, ako je energija elektromagnetskog talasa jednaka energijskoj razlici medju nivoima;

„Kada se energije poklope onda spin ima jednaku verovatnoću da se nađe u nekom od dozvoljenih stanja, dakle, dolazi do rezonancije. Otuda je i metoda dobila ime nuklearna magnetna rezonancija (NMR)“

Kad se bolesnik u tunelu uređaja, izloži snažnom, magnetnom polju, svi njegovi protoni slažu se u smeru magnetnog polja (slično kao što se igla kompasa okreće u Zemljinom magnetskom polju). Pritom protoni ne miruju nego rotiraju oko smera magnetnog polja u kojem se nalaze. Učestalost tog rotiranja („Larmor frekvenca“) je proporcionalna jačini spoljnog magnetskog polja.

Telo bolesnika postaje namagnetisano, a jačina namagnetisanosti zavisi od broja protona unutar volumena tkiva, odnosno od gustine protona. Kako u telu postoji veliki broj protona, nastaje jaka magnetna indukuja, koja stvara električnu struju u namotajima smeštenim oko dela tela koji se izlaže magnetnom polju.

Nakon što se bolesnik položi u jako magnetno polje, dodatno se prema njemu usmere radiofrekventni elektromagnetični talasi. Ti naknadno proizvedeni talasi uzrokuju da se protoni, već ranije složeni u pravcu ravni jakog magnetnog polja, odmaknu od glavne ravni i počnu oko nje rotaciju u smeru kazaljke na satu. Da bi se to dogodilo, frekvencija primenjenih elektromagnetskih radio-talasa mora biti jednaka frekvenci procesuirajućih protona, (tzv. „fenomen magnetne rezonance“, po čemu je metoda dobila ime).

U trenutku rotacije protona oko ravni jakog magnetnog polja indukuje se električna struja (MR signal) koju registruju zavojnice locirane oko delova tela koji se snima. Slikovito rečeno, ako je zavojnica spojena sa električnom sijalicom, sijalica će zasvetleti. Jačina tog svetla, zavisi od jačine magnetnog polja i zbog toga je važna jačina glavnog magnetskog polja - što je ono jače, to je slika svetlijia i bolja za kasniju analizu.

Tkiva koja imaju jači magnetizam (sadrže više protona) dajuće jači signal i slika će biti svetlijia i obratno, tkiva sa manjom magnetizacijom daje tamniju sliku. Tako nastaje kontrastna rezolucija dobijene slike, odnosno mogućnost da se pojedina tkiva razlikuju zavisno o jačini namagnetisanosti koju poseduju i stvorenog električnog signala na namotajima smeštenim oko delova tela koji se snimaju.

Gustina protona jedan je od činilaca koji utiče na osvetljenost i kontrastnost slike. Ali postoji još nekoliko parametara koji utiču na odnos signala koje pojedini delovi tkiva emituju. Najvažniji od njih su vremena kad se registruje električni impuls u namotaju koji prima magnetizaciju. U vremenu između dve indukcije radiofrekventnim talasima, protoni tkiva prolaze kroz dva različita vremena - vremena relaksacije (T1 i T2);

- T2 je vreme u kojem se većina protona (63%) vratila nakon prestanka indukcije radio-signalata nazad u glavno magnetno polje.
- T1 je vreme u kojem glavno magnetno polje vraća većinu svog maksimuma.

Različita tkiva imaju različito trajanje T1 i T2 vremena, na osnovu čega se takođe stvara kontrastna rezolucija. Kombinacijom dobijanja slike u T1 i T2 vremenu lekar dobija potpuniju informaciju i tako stvara sliku kombinacije intenziteta raznih tkiva. Zatim se ocenjuje da li ispitivani organi imaju signal, kao kod zdravih tkiva, ili neka tkiva šalju promenjene signale, što upućuje na mogućnost da su takva tkiva zahvaćena nekim procesom.

Svi dobijeni podaci računarski se obrađuju i serijski snimaju slojeve tkiva u sve tri glavne ravni a kombinacijom tih ravni, dobija se i savršena prostorna rezolucija. To je, na primer, vrlo važno hirurzima za planiranja operativnog ili nekoga drugog invazivnog zahvata.

Kako izgleda procedura pregleda?

- Magnetna rezonanca se izvodi tako što pacijent, prethodno tehnički pripremljen od strane radiološkog tehničara, mirno-bez pomeranja leži na leđima, a radiološki tehničar i neuroradiolog tehnički sprovode pregled stalno prateći stanje pacijenta.
- Pregled najčešće traje 10-15 minuta.
- U manjem broju slučajeva, postoji potreba za upotrebot kontrastnog sredstva u vidu injekcije. Preparat Magnevista dolazi od proverenog inostranog proizvođača i pomaže u jasnijem prikazu i boljoj dijagnozi eventualnih sumnjivih promena i neuroinfekcija. Daje se jednostavno u venu, nisu prijavljene alergijske reakcije, nema drugih štetnih pojava.
- Nakon završenog snimanja intravenska linija se uklanja.
- MRA uglavnom uključuje više radnih procesa (sekvenci), od kojih neki mogu trajati nekoliko minuta, a ceo postupak snimanja obično traje od 30 do 60 minuta.
- Nakon urađenog pregleda u kratkom vremenskom roku, najčešće do jednog sata, pacijent dobija snimke, pisani izveštaj i usmeno objašnjenje neuroradiologa sa predlogom o daljem lečenju ili eventualnim drugih dijagnostičkih metoda.

Prednosti

Magnetna rezonantna tomografija je jedna od trenutno najsavremenijih radioloških dijagnostičkih metoda u dijagnostikovanju oboljenja organa i organskih sistema celog tela, sa predominacijom na centralni nervni sistem, koji je do pojave kompjuterizovane tomografije bio nedostupan radiološkoj dijagnostici.

Glavne prednosti magnetne rezonantne tomografije (MRT) u odnosu na druge radiološke metode su:

- visoka osjetljivost na promene sadržaja vode unutar tkiva u patološkim stanjima, kao i visoka kontrastnost različitih tkiva
- visoka osjetljivost u otkrivanju tumora, njihovog smeštaja i odnosa prema okolini, što pruža bolje informacije o obimu peritumorskog edema, krvarenju, nekrozi, kao i ependimalnom ili meningealnom širenju tumora lobanje.
- savršena vizuelizacija organa koja se približava slikama iz anatomskega atlasa, jer je MRT senzitivnija i rezolutnija metoda od kompjuterizovane tomografije
- dobijeni snimci, organe prikazuju u sve tri glavne ravni ili njihovoj kombinaciji,
- u toku snimanja ne koristi se rendgensko zračenje i, koliko je dosada istraženo MRT nema štetnih dejstava na organizam,

- potpuno bezbolna, neinvazivna, komforna i bezopasna metoda, kako za pacijenta tako i za zdravstveno osoblje koje učestvuje u pregledu,
- prisustvo vazduha u telu i koštane strukture nisu prepreke koje onemogućavaju vizuelizaciju tkiva.

Neodstaci

- Za razliku od CT-angiografije, MRT nije u stanju da sačini slike depozita kalcijuma.
- Ponekad se snimci načinjeni MRT nekih arterija ne podudaraju sa onima dobijenim konvencionalnom kateter angiografijom.
- MRT malih krvnih sudova, može ponekad praviti poteškoće, a ponekad može biti teško i da se odvoje prikazi arterija od vena.
- Kod ispitanika koji ne mogu duže da leže, ili kod onih koji se ne mogu položiti na leđa, snimci načinjeni MRT mogu biti lošeg kvaliteta.
- Neki testovi u toku MRT, zahtevaju od ispitanika da zadrže d�ah 15 do 25 sekundi kako bi se dobio dobar i kvalitet snimaka MRT, što može stvarati poteškoće kod snimanja određenih bolesnika.
- MRT je teško obaviti kod uznenemirenih, zbumenih ili osoba sa jakim bolovima, jer kod takvih osoba postoje poteškoće da duže leže u toku snimanja.
- Izuzetno gojazne osobe ne mogu da stanu u otvor konvencionalnih aparata za magnetnu rezonancu.
- Prisustvo implantata ili drugih metalnih predmeta, ponekad otežava dobijanje jasne slike kao i pomeranja pacijenta koje može da ima isti učinak.

Kontraindikacije

Neka stanja i bolesti su kontraindikacija za primenu MRT, a najčešće su:

- *Klaustrofobija* (strah od zatvorenog prostora)
- *Postojanje stranog tela, pre svega stranog tela od gvožđa u telu;*
 - stare vaskularne kleme
 - insulinske pumpe
 - stari hirurški staples
 - implantirani dozer lekova
 - stari veštački srčani zalisci
 - razni implantati (u zavisnosti od tipa)
 - metalno strano telo u oku
 - neurostimulator
 - krhotine ili drugi metalni predmeti u telu.

Metalni implantati i drugi metalni predmeti kada se izlože jakom magnetnom polju mogu se namagnetišati, ili oštetiti jakim radio frekventnim talasima. Takođe može doći do njihovog zagrevanja i nastanka opeketina. Posebno su opasni neki metalni strani predmeti u oku ili mozgu, tako da MRT ispitivanje može biti kontraindikovano kod takvih bolesnika. Moderne metalni implantati, kao što su titanijum i legure čelika, što zavisi od njihovog sastava i dijamagnetskih osobina obično ne stvaraju problem u MRT.



Tabla upozorenja sa ograničenjima za MRT

- *Alergija na kontrastno sredstvo kod magnetne rezonantne angiografije.*
- *Metoda je nepodesna za osobe sa glaukom oka i kod uvećane prostate*
- *Trudnoća i dojenje.* Nema dokaza, da magnetna rezonanca šteti plodu, trudnicama se ne preporučuje MRT, osim ako je medicinski to neophodno
- *Tetovaža ili stalna šminka - naročito ako sadrže metalne čestice, može izazvati probleme prilikom snimanja (mogu nastati opeketine), posebno kada se koristi uređaje sa visokom vrednošću magnetnog polja.*

- *Brzo-pokretni organi* - poput srca mogu biti prikazane sa smanjenim kvalitetom slike, ili zahtevaju kompenzaciju pokreta. Kroz razvoj modernih multi-kanalnih sistem, koji se sve više sreću u bolnicama ovaj problem je rešen.
- *Osobe koje ulaze u prostoriju za MRT nesmeju imati sa sobom akustičke aparate i metalne predmete (novca, staples, pirsing, minduše, naočare itd... Elektronski i mehanički uređaji, kao što su satovi, pejsmajkeri mobilni telefoni, PDA uređaji, MP3 plejeri - mogu biti izloženi jakom magnetnom polju i radio talasima i prestati sa radom.*

MRT se ne radi kod



PAŽNJA kod



NEMA PROBLEMA kod



- pejsmajker
- defibrillator
- kohlearni implantat
- mehanički srčani zalisak implantiran pre 1990
- proboden Porth-A-Cath
- metalni fragmenti u oku
- gips (kongestija toplice)

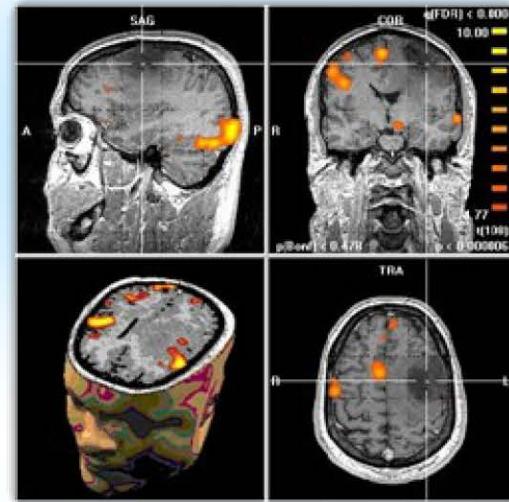
- trajni make-up u području očiju
- tetovaže, pirsinzi
- stentovi
- pumpa za lekove (bolove)
- metalni fragmenti u telu
- ventrikularni shunt
- hormonski flaster ili flaster protiv bolova
- klip za aneurizmu
- ekseri i šrafi

- proteze kukova, ramena i kolena
- zubne proteze
- srčani zalisak implantiran nakon 1990
- Port-a-Cath
- žice za pričvrćivanje posle operacije kostiju
- dijafragma, bakrena spirala (kontrola položaja kod ginekologa)

Indikacije

Neurološke bolesti endokranijuma;

- Kongenitalne malformacije CNS sa kongenitalnim anomalijama kranijuma i kičmenog stuba.
- Kongenitalna oboljenja CNS
- Psihomotorna retardacija
- Pedijatrijska anoksično-ishemična oštećenja
- Intoksikacije CNS
- Subakutna i hronična ishemična oštećenja i cerebrovaskularne abnormalnosti CNS
- Tumori lobanje i mozga (primarni i sekundarni) i kraniofacijalnog masiva
- Oboljenja bele moždane mase
- Degenerativna oboljenja CNS
- Dijagnostika zapaljenjskih neuroloških bolesti (multipla skleroza),
- Promena u zadnjoj moždanoj jami mozga su posebno vidljivo na MR (što nije slučaj kod kompjuterizovane tomografije).

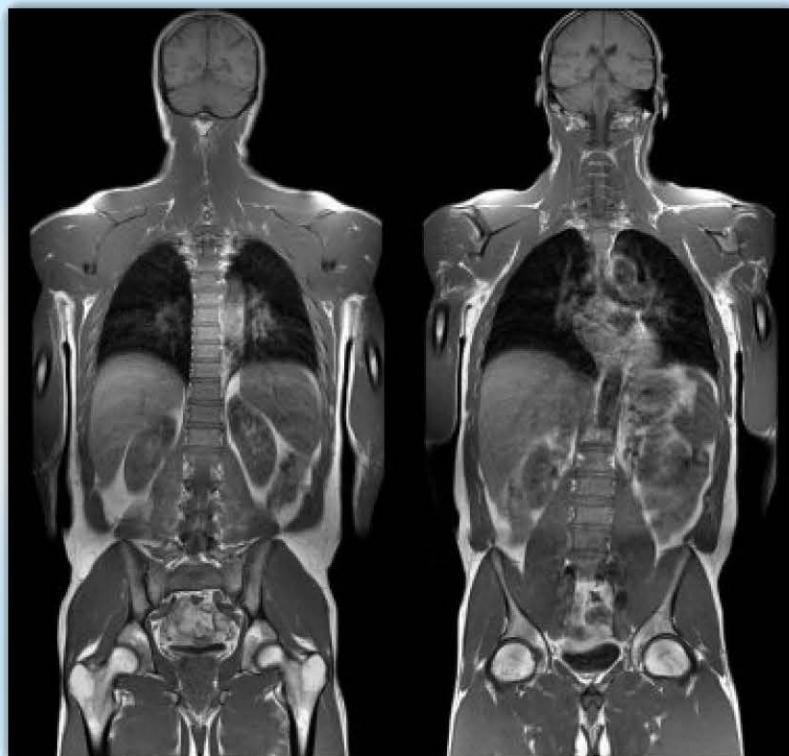


Bolesti kičma i kičmene moždine:

- Degenerativna oboljenja osteodiskalnog sistema (diskus hernija i ostale promene na međupršljenskim diskusima)
- Povrede kičme i kičmene moždine
- Zapaljenjski spondilitis
- Traumatske povrede kičmenog stuba
- Tumori kičmenog stuba i kičmenog kanala-anomalije kičmenog stuba
- Povrede kičmenog stuba
- Zapaljenjski procesi na pršljenovima i kičmenoj moždini
- Diskus hernija (izletanje kičmenih pršljenova iz svog ležišta)
- Tumori pršljenova, nerava i kičmene moždine
- Bolesti koje zahvataju koštanu srž
- Ciste (arahnoidne, perineurale, dermoidne, ciste međupršljenskih zglobova).

Kardiovaskularne bolesti:

- Aneurizma aorte, u grudnom košu i trbuhu, ili na drugim velikim krvnim sudovima.
- Ateroskleroza karotidne arterije na vratu, koje mogu ograničiti protok krvi do mozga i izazvati moždani udar.
- Dijagnostika malih aneurizmi i drugih malformacija na arterijama mozga.
- Ateroskleroza i suženja krvnih sudova na nogama i priprema bolesnika za endovaskularne intervencije ili operacije.
- Bolest arterija bubrega, ili sagledavanje protoka krvi, kako bi se izvršile pripreme za transplantaciju bubrega.
- Kao interventna radiološka metoda u hirurgiji bolesti krvnih sudova, kao što je usadijanje stentova ili procena stanja posle implantacije stenta.
- Otkrivanje povrede jedna ili više arterija u vratu, grudima, trbuhu, karlici i udovima kod povređenih bolesnika.
- Procena vaskularizacije tumora pre operacije ili drugih postupaka, kao što je embolizacija ili selektivna unutrašnja zračna terapija.
- Dijagnostika disekcija ili razdvajanja na grudnoj ili trbušnoj aorti ili njenim glavnim granama.
- Dijagnostika obima ateroskleroze u koronarnim arterijama i izbor hirurške metode, kao što je koronarni bajpas.



Endokrine bolesti:

Plućne embolije (ugrušaka krv i vena nogu), i druge bolesti pluća.

MR zglobova,kostiju, mišića,mišićno-tetivnih struktura i mekih tkiva:

Metoda je precizna i za sada, iznad svih dijagnostičkih metoda, posebno za prikaz ligamenata unutar zglobova.

- Dijagnostika bolesti kostiju i okolnih struktura (kuka, kolena, meniskusa, ukrštenih ligamenta), posebno kod sportista
- Dijagnostika tumorskih procesa na zglobovima mišićima i kostma.

Magnetna rezonanca u dijagnozi glavobolja

MRI pregled, ma koliko bio kvalitetan, nije koristan u dijagnozi primarnih glavobolja (tenziona glavobolja, migrena, Cluster glavobolja).

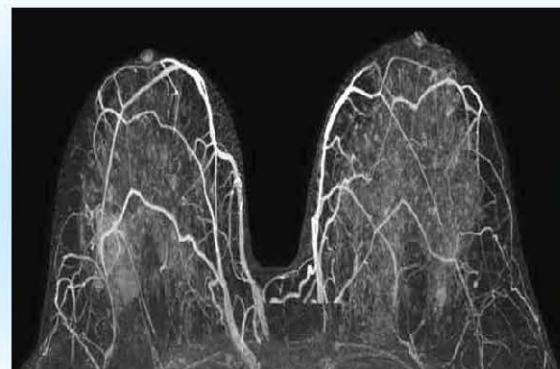
Razlog je jednostavan – ove glavobolje su oboljenja sama za sebe i nisu uzrokovane tumorima, oštećenjima i anomalijama unutrašnjih struktura i tkiva, kakve MRI aparat inače izvanredno otkriva. Izuzetak je migrenozni infarkt – komplikovana migrena praćena možadnim infarktom.

S druge strane, magnetna rezonanca je nezamenljivo sredstvo za dijagnostiku sekundarnih glavobolja, tačnije oboljenja koja ih izazivaju. Uzroci sekundarnih glavobolja su, dakle, druga, ponekad ozbiljna oboljenja, oštećenja ili tumori.

MRI pregledom se mogu dijagnostikovati i glavobolje nastale kontaktom krvnih sudova sa kranijalnim nervima. Najčešće je to slučaj kod neuralgija petog moždanog živca (trigeminalna neuralgija).

MR dojki

MR dojki se preporučuju samo kod žena sa visokim rizikom obolevanja, a ne kao preventivna dijagnostička metoda.



MR abdomena

Za razliku od CT-a nema zračenja (posebno značajno kod mlađih ljudi, trudnica, određenih bolesnika) i poseduje odličnu kontrasnu rezoluciju određenih tkivnih oštećenja, tumora i sl. posebno je bitno što se ovom metodom ti procesi mogu videti u fazi kada su malih dimenzija, te ih druge dijagnostičke procedure (Uz, CT) ne mogu prepoznati.

MR male karlice

Prikazuje stanje rektuma, rektosigmoidnog dela kolona, vagine, uterusa, jajnika, jajovoda, mokraćne bešike, prostate, semenih vezikula, regionalnih limfnih čvorova.

MRCP

Ovim pregledom se prikazuje žučna kesa, žučni putevi i uspešno zamenjuje klasičan, invazivni pregled ERCP. Dobija se precizan uvid u stanje žučne kese i žučnih puteva, te se uspešno detektuje postojanje kalkulusa i dr. oštećenja veličine do 3 mm.

MR spektroskopija – je metoda koja kombinuje najsavremenija saznanja iz fizike magnetne rezonance i humane biohemije, da bi na osnovu spektra najvažnijih metabolita u ciljanom organu (mozgu) omogućila precizniju diferencijaciju patoloških promjena (staging tumora, razlikovanje ishemijskih ili demijelinacionih od tumorskih lezija, otkrivanje patoloških promjena koje nisu morfološki vidljive, a posljedica su metaboličkih poremećaja itd).

MR tomografija – obavlja se pregled tela bez rendgenskog zračenja. Prilikom pregleda se pomoću snažnih magnetskih polja proizvode kratkotrajni radiotalasi. Signali koji se pritom primaju iz tela, obrađuju se pomoću računara. MR tomografija je vrlo pouzdana i tačna metoda, iako konačne dijagnoze nisu moguće u svakom slučaju.



Literatura

1. Sudimac D. Dijana: Magnetna rezonanca. Master rad. Prirodno-matematički fakultet. Department za fiziku. Univerzitet u Nišu. Niš. 2013. <http://www.pmf.ni.ac.rs>
2. Babić Strahinja, Ivanković Nemanja: Tehnike snimanja u magnetnoj rezonanci. Seminarski rad. Medicinski fakultet. Univerzitet Niš. 2013
3. Medicinske Procedure: Hiperbaricna Medicina, Magnetna Rezonantna Tomografija, Kiseonicka Maska, Stent, KompJuterizovana Tomografija, General Books LLC, 2011
4. <http://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?pg=safety-mr>