

**MODUL
MAGNETIC RESONANCE IMAGING**



PENYUSUN:

1. Muhammad Fakhurreza, S.T., M.Sc.
2. Sri Wahyuni, S.Si., M.Sc.
3. SeptiPurwningsih, S.Si., M.Si
4. Ike Ade Nur Liscyaningrum, S.Tr.Rad

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK RADIODIAGNOSTIK DAN RADIOTERAPI
FAKULTAS ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS 'AISYIYAH YOGYAKARTA**

HALAMAN PENGESAHAN

**MODUL
MAGNETIC RESONANCE IMAGING**



**DISAHKAN:
OLEH:
KETUA PROGRAM STUDI**

(Sri Wahyuni, S.Si., M.Sc.)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirobil'alamin, puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT dapat menyusun ModulMagnetic Resonance Imaging sehingga dapat digunakan untuk mahasiswa DIII Radiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta.

ModulMagnetic Resonance Imaging berguna untuk memperkuat dasar keilmuan dan untuk mendukung pembelajaran mencapai kompetensiradiografer yang unggul, sehingga mahasiswa mampu menjadi radiografer yang dapat mencapai kompetensi yang berkualitas, berkesinambungan dan terpadu.

Kami mengucapkan banyak terima kasih kepada Rektor Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta, Ketua Prodi DIII Radiologi dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan modul ini. Semoga dapat menjadi panduan dalam meningkatkan kualitas pembelajaran dan mendukung tercapainya kompetensi radiologisertabermanfaat bagi kita semua. Aamiin

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Penyusun

DAFTAR ISI

COVER	1
HALAMAN PENGESAHAN	2
KATA PENGANTAR	3
DAFTAR ISI.....	4
VISI DAN MISI	5
BAB I TEORI.....	6
A. DESKRIPSI MODUL	6
B. DESKRIPSI	6
C. KUMPULAN.....	8
BAB II (TUTORIAL).....	40
A. DESKRIPSI TUTORIAL.....	40
B. TATA TERTIB	40
C. SKENARIO	40
D. SEVEN JUMPS.....	40
E. PENULISAN LAPORAN TUTORIAL	42
BAB III PRAKTIKUM.....	45
A. KELULUSAN:.....	45
B. TATA TERTIB:	45
C. MATERI PEMBELAJARAN.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	<u>100</u>

VISI DAN MISI

Visi

Menjadi Program Studi Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi pilihan dan unggul dalam bidang *emergency imaging* berbasis nilai-nilai Islam yang berkemajuan

MISI

1. Menyelenggarakan pendidikan, penelitian dan pengabdian kepada masyarakat berwawasan kesehatan dan berdasarkan **nilai-nilai Islam Berkemajuan** untuk mencerdaskan kehidupan bangsa.
2. Mengembangkan pengetahuan, keterampilan, dan etika dalam bidang ***emergency imaging***
3. Mengembangkan **kajian dan pemberdayaan perempuan** dalam kerangka Islam berkemajuan.

BAB I TEORI

A. DESKRIPSI MODUL

Modul ini berisi tentang prinsip dasar kemagnetan, komponen pada MRI, konsep dasar relaksasi pada MRI, prinsip dasar pencitraan MRI, parameter MRI, dasar prosedur MRI pada kepala, cervical dan thorak, prosedur MRI pada abdomen dan pelvis, dasar prosedur MRI spine dan angiografi.

B. DESKRIPSI PEMBELAJARAN

Aktifitas Pembelajaran

a. Kuliah di kelas

Aktivitas pembelajaran dalam rangka memahani sesuatu informasi pengetahuan secara jelas. Mahasiswa akan mengikuti berbagai metode perkuliahan yang diampu oleh dosen tim teaching.

2. Praktik keterampilan

Aktivitas ini merupakan aktivitas pembelajaran dalam rangka memahami sesuatu informasi secara mantap. Mahasiswa diberi kesempatan untuk praktik menggunakan teori dengan cara simulasi di kelas atau di laboratorium.

3. Diskusi Kelompok

Diskusi ini dilakukan dengan peserta seluruh mahasiswa dalam kelompok tiap kelas. Tujuan aktivitas pembelajaran ini ialah memperdalam materi yang telah diperoleh di kelas.

4. Seminar

Seminar dilaksanakan setelah mahasiswa mendiskusikan topik ataupun kasus pada pertemuan sebelumnya dilaksanakan di tiap kelompok dengan dosen kelompok praktik.

5. Penugasan

Penugasan dilaksanakan pada materi yang diperlukan pembahasan lebih mendalam dengan harapan mahasiswa memiliki waktu lebih banyak dengan belajar mandiri melalui berbagai referensi.

6. Tutorial

Dalam diskusi kelompok, mahasiswa diminta memecahkan masalah yang terdapat pada skenario yaitu dengan mengikuti metode "Seven Jumps", terdiri dari 7 langkah pemecahan masalah yaitu :

Step 1 : *Clarifying unfamiliar terms*

Mengklarifikasi istilah atau konsep ; istilah-istilah dalam skenario yang belum jelas atau yang menyebabkan banyak interpretasi ditulis dan diklarifikasi terlebih dahulu.

Step 2 : *Problem definition*

Masalah yang ada dalam skenario diidentifikasi dan dirumuskan dengan jelas (bisa dalam bentuk pertanyaan)

Step 3 : *Brainstorming*

Pada langkah ini setiap anggota kelompok melakukan brainstorming mengemukakan penjelasan tentative terhadap permasalahan yang sudah dirumuskan di step 2 dengan menggunakan pre-existing knowledge

Step 4 : *Analyzing the problem*

Mahasiswa memberikan penjelasan secara sistematis terhadap jawaban pada step 3, bisa juga dengan saling menghubungkan antar konsep, klasifikasikan jawaban atas pertanyaan, menarik kesimpulan

dari masalah yang sudah dianalisis pada step 3.

Step 5 : *Formulating learning issues*

Menetapkan tujuan belajar (learning objective) ; informasi yang dibutuhkan untuk menjawab permasalahan dirumuskan dan disusun secara sistematis sebagai tujuan belajar

Step 6 : *Self Study*

Mengumpulkan informasi tambahan dengan belajar mandiri ;kegiatan mengumpulkan informasi tambahan dilakukan dengan mengakses informasi dari internet, jurnal, perpustakaan, kuliah, dan konsultasi pakar.

Step 7 : *Reporting*

Mensintesis atau menguji informasi baru; mensintesis, mengevaluasi dan menguji informasi baru hasil belajar setiap anggota kelompok.

C. KUMPULAN TEORI

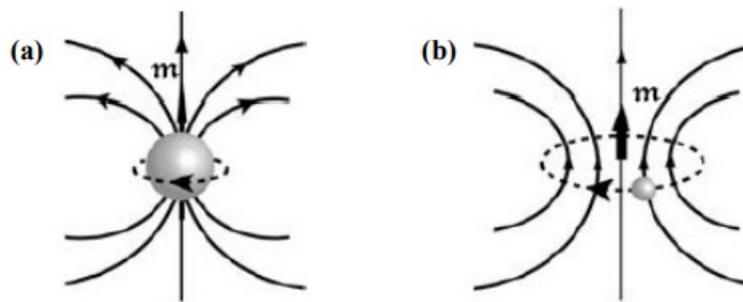
PROSES MAGNETISASI

A. Proses Magnetisasi

1. Momen Magnetik dan Magnetisasi

Secara makroskopis, magnetisasi adalah respon bahan magnetik terhadap medan magnet luar. Secara mikroskopis, magnetisasi suatu bahan pada dasarnya berasal dari gerakan spin dan gerakan orbital elektron mengelilingi intinya. Dari gerakan ini akan menghasilkan momen magnetik spin dan momen magnetik orbital pada suatu elektron. Momen magnetik total suatu atom merupakan resultan dari dua momen magnetik tersebut. Momen magnetik atom pada bahan akan berpasangan satu sama lain, sejajar, berlawanan, atau tidak sejajar dan tidak berlawanan. Suatu momen magnetik atomik dapat berorientasi acak jika tidak ada interaksi antara satu dengan yang lain. (Wu, 2008).

Penggambaran momen magnetik spin dan momen magnetik orbital dapat ditunjukkan pada Gambar 1.1 (a dan b).



Gambar 1.1 (a) Momen Magnetik Spin, dan (b) Momen Magnetik Orbital (Coey, 2009)

2. Klasifikasi Bahan Magnetik

Klasifikasi bahan magnetik dapat dikelompokkan berdasarkan susceptibilitas magnetiknya didefinisikan menurut persamaan berikut :

$$\chi = \mathbf{M} / \mathbf{H}$$

Berdasar persamaan di atas, bahan magnetik dapat diklasifikasi menjadi diamagnetik, paramagnetik, ferromagnetik, ferrimagnetik dan antiferromagnetik.

Pada bahan diamagnetik, ketika tidak ada medan luar momen magnetiknya nol. Jika diberi pengaruh medan luar maka bahan tersebut akan menghasilkan momen magnetik dengan arah yang berlawanan. Jika medan luar diperbesar maka momen magnetik juga akan semakin besar dalam arah yang berlawanan. Menurut konsep susceptibilitas, bahan diamagnetik merupakan bahan yang memiliki susceptibilitas yang kecil dan negatif, $\chi \approx -10^{-5}$. Respon magnetiknya melawan medan magnetik luar yang menginduksinya.

Pada bahan paramagnetik terdapat momen magnetik namun sangat lemah dan energi panas menyebabkan arah momen magnetik tersebut menjadi acak. Sehingga pada umumnya bahan paramagnetik tidak memiliki momen magnetik tanpa adanya medan luar yang mempengaruhi. Jika terdapat medan luar yang mempengaruhi maka momen magnetik akan memiliki arah yang sama dengan arah medan luar tersebut. Namun hanya sebagian kecil saja yang menjadi searah. Hal ini disebabkan karena pada bahan paramagnetik energi panas memiliki pengaruh yang relatif lebih besar daripada energi magnetik yang diberikan. Bahan paramagnetik memiliki susceptibilitas yang kecil dan positif, $\chi \approx 10^{-3} - 10^{-5}$.

Bahan ferromagnetik memiliki magnetisasi spontan yang sangat kuat. Momen magnetik atom-atomnya saling mempengaruhi antara satu dengan lain meskipun tidak ada medan luar. Sehingga akan menghasilkan medan magnetik internal permanen yang sangat kuat. Bahan ferromagnetik memiliki susceptibilitas yang besar dan positif, $\chi \approx 50 - 10.000$.

Berdasarkan kemudahan untuk dimagnetisasi dan didemagnetisasi, bahan-bahan magnetik dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bahan softmagnetic dan hardmagnetic. Bahan softmagnetic adalah bahan-bahan magnetik yang mudah untuk dimagnetisasi dan didemagnetisasi. Sedangkan bahan hardmagnetic adalah bahan-bahan magnetik yang sulit untuk dimagnetisasi dan didemagnetisasi (Cullity dan Graham, 2009).

Karakteristik yang membedakan bahan softmagnetic dengan bahan hardmagnetic adalah permeabilitasnya yang tinggi. Hubungan antara permeabilitas bahan softmagnetik dengan medan magnetik mirip seperti hubungan antara konduktifitas logam dengan arus listrik (Coey, 2009).

B. Magnetik Resonance Imaging

1. Sejarah MRI

Magnetic Resonance Imaging (MRI) digunakan sejak tahun 1971 oleh dr. Raymond Damadian pada hewan untuk membedakan jaringan abnormal dengan jaringan sehat. Beberapa tahun kemudian tepat tanggal 2 juli 1977 bersama mitranya Minkoff dan Goldsmith menggunakan MRI pertama kali pada tubuh manusia dengan MRI scanner Indomitable, dengan waktu pemeriksaan 295 menit (Raul, 2002). MRI merupakan alat imaging yang dapat menganalisa sebagian besar anatomis dan suatu fungsional fisiologis system organ tubuh (Bryan, 2010).

Magnetic Resonance Imaging adalah suatu alat kedokteran di bidang pemeriksaan radiologi diagnostik, yang menghasilkan rekaman gambar potongan penampang tubuh dengan menggunakan medan magnet dan resonansi getaran terhadap inti atom hidrogen. Beberapa faktor kelebihan yang dimilikinya, terutama kemampuannya membuat potongan koronal, sagital, aksial dan oblik tanpa banyak memanipulasi posisi tubuh pasien sehingga sangat sesuai untuk diagnostik jaringan lunak, terutama otak, sumsum tulang belakang dan susunan saraf pusat dan memberikan gambaran detail tubuh manusia dengan perbedaan yang kontras, dibandingkan dengan pemeriksaan CT- scan dan X-ray lainnya sehingga anatomi dan patologi jaringan tubuh dapat dievaluasi secara detail (Bushberg, 2002)

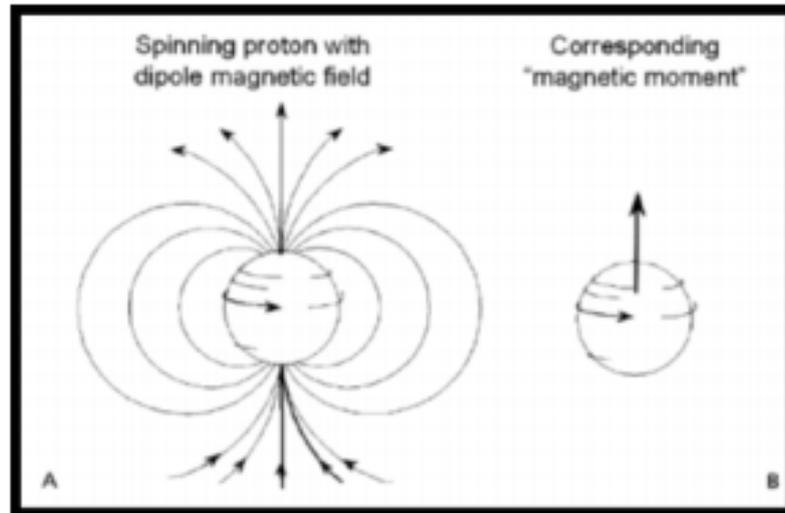
2. Prinsip Dasar Sistem MRI

Dalam tubuh manusia terdapat air (H_2O) yang terdiri dari 2 atom hidrogen dan memiliki no atom ganjil (1) yang dominan pada tubuh manusia dan mempunyai inti atom bebas yang akan menghasilkan jaringan magnetisasi, merupakan kandungan inti terbanyak dalam jaringan tubuh manusia dan memiliki gaya magnetik terkuat dari elemen lain. Hidrogen memiliki momen magnetik, pelimpahan atau abundance terbesar. Dimana abundance adalah perbandingan jumlah atom suatu isotop unsur tertentu terhadap jumlah atom seluruh isotop yang ada dinyatakan dalam persen dapat dilihat pada Tabel 2.1. Oleh karena itu, hidrogen adalah elemen utama yang digunakan untuk MRI. Pada atom dengan nomor atom genap, inti atom akan berpasangan pasangan sehingga saling meniadakan efek magnetik dengan demikian tidak terdapat inti bebas yang akan membentuk jaringan magnetisasi sehingga sulit untuk dirangsang agar terjadi pelepasan signal.

Inti yang bersifat magnetic (Busberg, 2002)

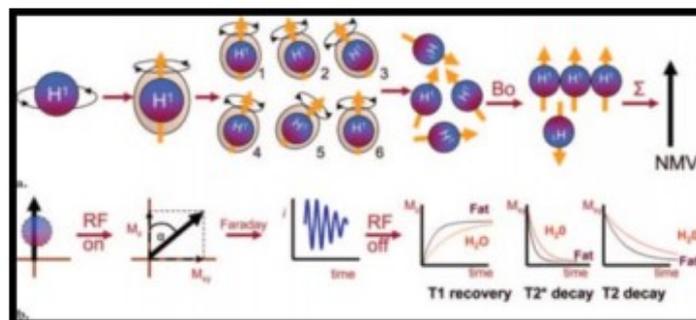
Nucleus	Spin Quantum Number	% Isotopic Abundance	Magnetic Moment	Relative Physiologic Concentration*	Relative Sensitivity
^1H	$\frac{1}{2}$	99.98	2.79	100	1
^{16}O	0	99.0	0	50	0
^{17}O	$\frac{5}{2}$	0.04	1.89	50	9×10^{-6}
^{19}F	$\frac{1}{2}$	100	2.63	4×10^{-6}	3×10^{-8}
^{23}Na	$\frac{3}{2}$	100	2.22	8×10^{-2}	1×10^{-4}
^{31}P	$\frac{1}{2}$	100	1.13	7.5×10^{-2}	6×10^{-5}

Proton memiliki perilaku yang hampir sama dengan perilaku sebuah magnet, melakukan gerakan secara kontinyu mengitari sumbu atau spinning, seperti Gambar 1.2, yang akan menghasilkan moment dipole magnetic yang kuat dan akan menimbulkan fenomena resonansi.



Gambar 1.2 Spinning proton atom hidrogen (Bushberg,2002)

Prinsip dasar pencitraan MRI dapat disimpulkan secara ringkas yaitu dalam keadaan normal proton proton hydrogen dalam tubuh tersusun secara acak sehingga tidak ada jaringan magnetisasi. Ketika pasien dimasukkan kedalam medan magnet yang kuat dalam pesawat MRI, proton-proton dalam tubuh pasien akan searah (parallel) dan tidak searah (antiparallel) dengan kutub medan magnet pesawat serta melakukan gerakan presesi. Selisih proton proton yang searah dan berlawanan arah amat sedikit dan tergantung kekuatan medan magnet pesawat dan selisih inilah yang akan merupakan inti bebas (tidak berpasangan) yang akan membentuk jaringan magnetisasi. Pemberian gelombang radio frequency (RF) proton menyerap sinyal elektromagnetik atau sinyal MRI. Sinyal - sinyal diterima oleh sebuah koil antena penerima, selanjutnya sinyal- sinyal tersebut diubah menjadi pulsa listrik dan dikirim ke sistem komputer untuk diubah menjadi gambar.



Gambar 1.3 Dasar fisika MRI (Bitar, dkk., 2006)

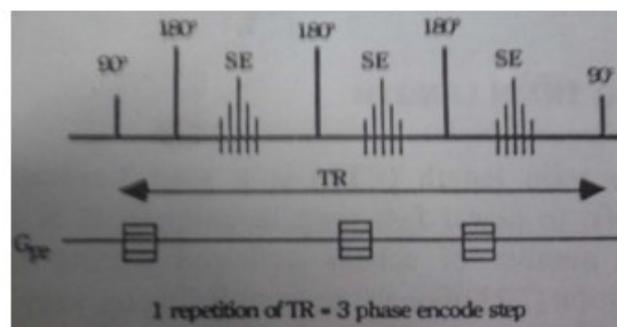
Gambar 1.3 menunjukkan dasar fisika MRI, dimana (a) inti hidrogen mengitari sumbunya atau spinning memiliki medan magnet, panah kuning merupakan arah sumbu magnetis. Pada awalnya inti hidrogen (1–6), berpresesi dengan berbagai sudut akan tetapi saat masuk kedalam medan magnet eksternal (B_0) akan berbaris, jumlah momen magnetis disebut vektor magnetisasi (NMV). (b) RF diberikan NMV membentuk sudut α yang menghasilkan dua komponen magnetisasi yaitu magnetisasi longitudinal (M_z) dan magnetisasi transversal (M_{xy}). Presesi Magnetisasi transversal disekitar koil penerima, dipengaruhi tegangan (i). Ketika RF dimatikan terjadi T1 pembangkitan atau T1 recovery, T2 peluruhan atau T2 decay dan T2* .

3. Parameter MRI

Parameter kekontrasan citra yang dapat diatur untuk membuat pencitraan dalam MRI terdiri dari:

a. Waktu pengulangan atau time repetition (TR)

Waktu pengulangan atau repetition time adalah interval waktu antara pengulangan dua pulsa yang sama. Pemberian TR yang lama tepat mengevaluasi jaringan dalam irisan yang lebih banyak serta memberikan harga sinyal noise yang lebih baik, namun menyebabkan waktu yang di butuhkan untuk memperoleh data yang lebih lama. TR yang cepat dapat mempersingkat waktu pengambilan data namun jumlah irisan jaringan yang di evaluasi menjadi sedikit dan signal to noise ratio (SNR) menjadi jelek (Pierce,1999). TR yang pendek nilainya kurang dari 500 ms akan memberikan kontribusi T1 lebih banyak dapat mempersingkat waktu pengambilan data, namun akan menurunkan jumlah irisan dan nilai SNR menurun dan TR panjang bila nilainya lebih dari 1500 ms akan memberikan kontribusi pada pembobotan T2, dari pulsa waktu TR akan memberikan kekontrasan citra berbeda.



Gambar 1.4 Time Repetition atau waktu pengulangan pada Fast spin echo

Parameter	Waktu (milidetik)	Pembobotan
TR cepat	<1000	T ₁
TR cepat	<30	T ₁
TR lama	>1000	Kecepatan proton
TR cepat	<30	Kecepatan proton
TR lama	>1000	T ₂
TR lama	>60	T ₂

b. Waktu gaung time echo (TE)

Time Echo (TE) atau waktu gema adalah pemberian pulsa interval waktu dari saat terakhir eksitasi pulsa RF diberikan sampai terdeteksinya puncak sinyal gema gradien. TE disebut pendek bila waktunya kurang dari 30 ms, sedangkan TE panjang adalah tiga kali dari TE pendek (90 ms). Pemilihan panjang dan pendeknya TE akan

mempengaruhi intensitas sinyal yang didapat. Time echo digambarkan sebagai interval antara akhir dan permulaan dari pulsa eksitasi RF window acquisition (Rahmer, dkk., 2006). Pencitraan dengan waktu relaksasi T2 hanya beberapa ratus mikrodetik untuk deteksi sinyal disebut ultrashort echo time (UTE) pada T2 pendek sering dilakukan seperti pencitraan jaringan seperti tendon, liga dan periosteum, hati, paru-paru, dan pencitraan molekular (Rahmer, et.al, 2006).

4. Radiofrekuensi

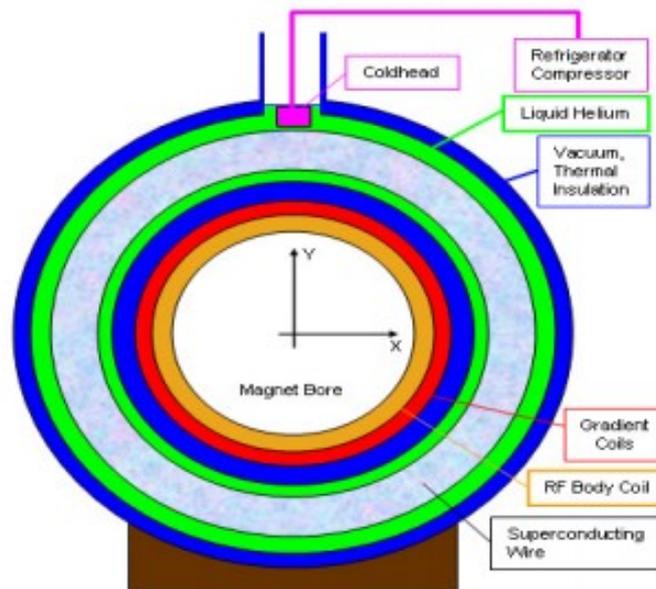
Pemberian frekuensi radio dengan waktu yang singkat disebut dengan pulsa frekuensi radio yang merupakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi antara 2,31 MHz sampai 85 MHz. Pemberian pulsa RF mengubah energi proton sehingga dapat menyebabkan transisi, yang terjadi jika dan hanya jika pulsa RF yang diberikan sama dengan frekuensi Larmor yang dimiliki proton. Pada keadaan tersebut proton yang sedang berpresisi akan mendapat tambahan energi. Dalam pemberian frekuensi radio proton pada tingkat energi rendah akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi, peristiwa ini disebut resonansi magnetik.

Pada saat terjadi magnetisasi transversal maka terjadi pula keadaan in phase pada bidang transversal sehingga akan terjadi induksi dari medan magnet terhadap koil penerima yang akan tercatat sebagai sinyal. Kuat dan lemahnya magnetisasi pada bidang transversal ini akan berpengaruh pada kekuatan signal MRI dan berpengaruh pada intensitas gelap dan terang pada citra MRI. Bila signal MRI kuat maka akan memberikan gambaran citra yang terang atau hiperintens, sedangkan apabila signal MRI lemah akan memberikan citra MRI gelap atau hipointens.

Bila pulsa RF dihentikan, magnetik moment pada bidang transversal yang dalam keadaan in phase akan mengalami dephase kembali sehingga magnetisasi pada bidang transversal akan menurun, akibatnya induksi pada koil penerima juga akan semakin melemah yang dikenal dengan sinyal Free Induction Decay (FID).

Pulsa RF yang menggerakkan magnetisasi (M) dari posisi setimbang ke bidang transversal disebut pulsa 90°. Pulsa RF yang menggerakkan M dengan arah yang berlawanan dengan arah asalnya dinamakan pulsa 180°. Kedua pulsa tersebut merupakan pulsa yang mempunyai persamaan yang sangat besar dan penting dalam metoda MRI (Blink, 2004).

Beberapa komponen utama dalam pesawat sistem MRI, yaitu magnet utama, koil gradien, koil pemancar, koil penerima dan komputer. Magnet utama berguna untuk memproduksi medan magnet yang besar antara 0.1-3.0 Tesla, yang mampu menginduksi jaringan sehingga mampu menimbulkan magnetisasi dalam obyek. Beberapa jenis magnet utama yaitu Magnet permanen, resistive Magnet, magnet superkonduktif, bahan ini akan menjadi superconductive pada temperatur 4K (Kelvin) dengan memberikan arus listrik melalui kumparan-kumparan. Untuk menjaga kemagnetan kumparan harus dalam temperatur yang sangat dingin, biasanya digunakan helium cair yang disebut juga dengan cryogen bath.



Gambar 1.5 Posisi magnet superkonduktif dalam pesawat MRI

Koil yang umum digunakan yaitu koil penerima dan koil pemancar karena Koil pemancar berfungsi untuk memancarkan gelombang radio pada inti yang terlokalisir sehingga terjadi eksitasi. Sedangkan koil penerima berfungsi untuk menerima sinyal output dari sistem setelah eksitasi terjadi. Sistem Komputer berfungsi untuk mengontrol semua komponen alat MRI dan berfungsi juga untuk menyimpan data. Gradien koil untuk membangkitkan suatu medan, terdapat tiga fungsinya berbeda-beda sesuai dengan irisan yang dipilih, gradien koil X untuk membuat citra potongan sagital, gradien koil Y untuk potongan koronal dan medan yang saling tegak lurus antara ketiganya, yaitu bidang X, Y dan Z yang gradien koil Z untuk potongan aksial. Bila gradien koil X, Y dan Z bekerja secara bersamaan maka akan terbentuk potongan oblik.

5. Interaksi Spin Proton dengan Medan Magnet Luar

Apabila tubuh manusia berada pada medan magnet luar yang sangat kuat (di dalam gantri MRI), maka yang terjadi adalah momen magnetik masing-masing spin akan bergerak searah dan berlawanan arah terhadap arah medan magnet luar. Bila materi itu berada pada tingkat energi rendah (suhu kamar) maka total kuat magnetisasi (Net Magnetisation Vector = NMV) adalah paralel dengan sumbu Z (sumbu arah medan magnet luar).

Energi termal dan arah spin random dalam jaringan, tidak mempunyai magnetisasi jaringan, menghasilkan momen magnetik keseluruhan nol. Di bawah pengaruh medan magnet eksternal (B_0) yang kuat spin didistribusikan menjadi dua keadaan energi yaitu sejajar atau paralel dengan medan listrik pada tingkat energi rendah, dan antiparalel pada daerah tingkat energi yang sedikit lebih tinggi. Mayoritas spin pada energi rendah. Untuk kekuatan medan magnet yang lebih tinggi, pemisahan energi dari tingkat energi yang rendah ke energi lebih tinggi, seperti jumlah kelebihan proton di daerah energi rendah.

Suatu materi yang terdiri atas inti yang memiliki spin intristik, jika diletakkan di dalam medan magnet luar, dengan arah sumbu z maka spin tadi akan berinteraksi dengan medan magnet yang menimbulkan torca (τ).

$$\tau = \mu \times B_0 \dots$$

Selain pemisahan daerah energi spin, proton juga mengalami torca yang merupakan suatu orientasi momen magnetic (μ) terhadap B_0 , Torca (τ) tersebut menyebabkan spin proton bergerak secara unik berotasi mengelilingi medan magnet luar yang diberikan seperti gerakan gasing yang disebut dengan presisi. Proton presisi dengan arah paralel dan

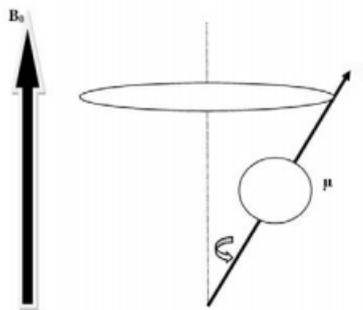
anti paralel. Selisih antara arah paralel dengan anti paralel disebut dengan net moment magnetic.

Menurut persamaan Larmor, presesi single proton pada porosnya dengan frekuensi sudut, sebanding dengan kekuatan medan magnet eksternal. Kelompok proton dalam keadaan energi paralel dan anti paralel menghasilkan sebuah magnetisasi equilibrium. M_0 dalam arah medan magnet B_0 (Busberg, 2002). Frekuensi Larmor merupakan frekuensi gerakan presesi proton dengan persamaan dengan B_0 adalah medan magnet luar, dan γ adalah rasio giromagnetik. Karena jumlah energi spin pada keadaan paralel lebih besar daripada keadaan anti paralel, maka menghasilkan resultan vektor magnetisasi searah keadaan paralel atau searah medan sumbu longitudinal.

$$\omega = \gamma B_0 .$$

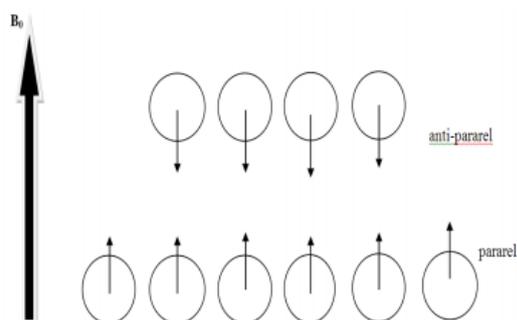
dengan : ω adalah frekuensi Larmor (MHz tesla), γ adalah rasio giromagnetik (MHz tesla⁻¹) dan B_0 adalah medan magnet luar (tesla).

Jika medan magnet luar ditempatkan pada tubuh yang mempunyai banyak inti atom hidrogen, maka akan mengakibatkan gerakan proton didalam tubuh tidak acak lagi.



Gambar 1.6 Spin dengan medan magnet luar

Penempatan proton pada medan magnet luar menyebabkan berpresesi dengan arah paralel dan anti paralel dan untuk perbandingannya yaitu anti paralel lebih banyak dibandingkan dengan arah anti-paralel. Selisih antara arah paralel dengan anti paralel disebut dengan net moment magnetic.

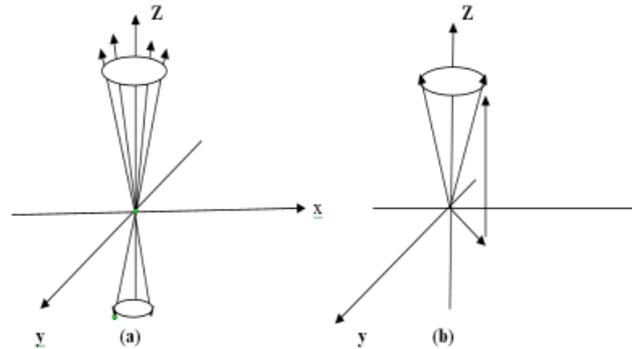


Gambar 1.7 Spin pada paralel dan anti paralel

Menurut hukum distribusi Maxwell-Boltzman pada suhu kamar partikel-partikel lebih banyak berada pada tingkat energi rendah karena lebih stabil. Dengan demikian lebih banyak proton berpresesi pada arah partikel daripada arah anti-paralel.

Jika proton yang berpresesi sejajar dengan medan magnet luar dijumlahkan, maka akan memberikan suatu nilai magnetisasi total sebesar M_0 . Magnetisasi M_0 tersebut merupakan besaran vektor yang terdiri atas penjumlahan dua vektor magnetisasi yaitu:

vektor magnetisasi longitudinal (M_z) dan vektor magnetisasi transversal (M_{xy}) yang merupakan komponen total vektor magnetisasi pada arah horizontal



Gambar 1.8 Presisi arah paralel dan anti-paralel

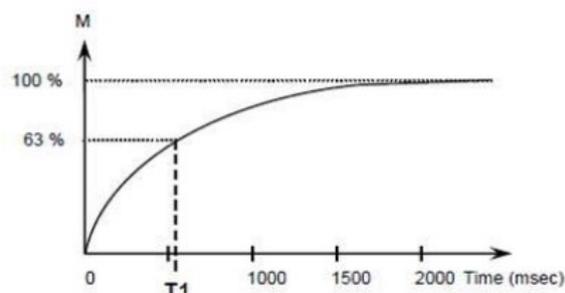
6. Relaksasi Spin T1 dan T2

a. Relaksasi T1

Pulsa RF dalam aplikasi pemeriksaan medis mempunyai waktu tertentu, sehingga setelah pulsa RF dihilangkan menyebabkan magnetisasi longitudinal M_z tidak berada pada kesetimbangan termal yang menyebabkan terjadinya mekanisme pergerakan spin berelaksasi menuju bidang longitudinal. Pada saat mencapai nilai magnetisasi dalam kondisi setimbang ($M_z = M_0$) terdapat interaksi yaitu interaksi spin dengan lingkungannya atau lattice yang menyebabkan terjadinya penambahan energi sehingga terdapat pertumbuhan magnetisasi dengan bertambahnya waktu t yang merupakan solusi persamaan Bloch, yang dinyatakan dengan T_1 adalah waktu relaksasi longitudinal yang diukur 63% dari waktu pertumbuhan magnetisasi disebut spin-kisi atau spin lattice relaxation (Bushberg, 2002). Waktu relaksasi T_1 ini terjadi dimana energi yang dibebaskan ke lingkungan sekitar akan menyebabkan magnetisasi bidang longitudinal akan semakin lama semakin menguat (recovery) dengan waktu recovery yang konstan dan berupa proses eksponensial.

Menurut Hendee, (2002) bahwa relaksasi sinyal magnetik resonansi (MR) merupakan karakteristik yang bersifat eksponensial sama dengan peluruhan radioaktif, penyerapan energi dan pertumbuhan sel dalam jaringan. Untuk waktu relaksasi longitudinal dimana sinyal magnetik resonansi (S) berkurang secara eksponensial. Waktu dari sinyal S_0 mengikuti pulsa RF, Nilai S_0 dipengaruhi oleh faktor banyaknya proton dalam sampel, panjangnya waktu gelombang radio yang diberlakukan bagi sampel, kepekaan coil penerima, dan keseluruhan kepekaan elektronik.

Pada saat pulsa RF dihentikan (off), akan terjadi proses dimana Net Magnetisasi Vektor kehilangan energi yang dikenal dengan relaksasi. Ada dua fenomena yang terjadi pada saat terjadinya relaksasi yaitu jumlah magnetisasi pada bidang longitudinal secara perlahan semakin meningkat yang dikenal dengan peristiwa recovery dan pada saat yang sama jumlah magnetisasi pada bidang transversal akan meluruh yang dikenal dengan decay.



Gambar 1.9 Magnetisasi longitudinal (Bryan, 2010)

Sebagai contoh adalah lemak dan cairan cerebro spinal. Lemak memiliki waktu relaksasi T1 yang pendek sekitar 180 ms sedangkan untuk cairan cerebro spinal memiliki waktu relaksasi T1 yang panjang berkisar 2000 ms. Sehingga untuk mencapai waktu relaksasi T1 (63%), lemak akan lebih cepat dibanding dengan cairan cerebrospinal. Dengan demikian untuk pembobotan T1, jaringan dengan waktu relaksasi T1 pendek (lemak) akan tampak terang dan jaringan dengan waktu relaksasi T1 panjang (cairan cerebrospinal) akan tampak gelap.

b. Relaksasi T2

Penerapan pada pulsa RF 90° pada spin sampel menyebabkan terdapat perubahan arah magnetisasi longitudinal menjadi sumbu transversal yang menjadikan nilai magnetisasi longitudinal $M_z = 0$ dan magnetisasi transversal M_{xy} dalam kondisi maksimum. Setelah berada pada bidang transversal spin akan dirotasikan dibidang tersebut sehingga terdapat laju perubahan magnetisasi terhadap waktu yang sesuai dengan persamaan gyroskopik.

Pada saat spin berpresisi pada bidang transversal terdapat interaksi yaitu interaksi antar spin yang menyebabkan perubahan magnetisasi tanpa mengubah nilai energi interaksi awal, sehingga besar magnetisasi transversal mengecil secara eksponensial dengan bertambahnya waktu t , yang merupakan solusi persamaan gerak tersebut (persamaan Bloch) didiskripsikan dengan T2 adalah waktu transversal yang besarnya diukur setelah meluruh 37% dari amplitude maksimumnya disebut juga spin – spin (Gambar 2.6). T2 decay dihasilkan oleh Spin Relaxation yaitu pertukaran energi antar nuklei yang satu dengan nuklei yang lain disekitarnya.

Waktu relaksasi T2 akan lebih pendek dari pada waktu relaksasi T1. Secara umum pada pembobotan T2, jaringan dengan waktu relaksasi T2 panjang (seperti cairan cerebro spinal sekitar 300 ms akan tampak terang dan jaringan dengan waktu relaksasi T2 pendek (seperti lemak sekitar 90 ms) akan tampak gelap. Kecepatan meluruhnya komponen magnetisasi transversal tergantung dari konstanta waktu relaksasi transversal atau waktu relaksasi spinspin, yang merupakan interaksi antara proton dengan proton. Berdasarkan mekanisme relaksasi baik transversal maupun longitudinal di atas, untuk berbagai jaringan dalam tubuh mempunyai perilaku dan waktu relaksasi yang berbeda – beda, yang diterangkan pada Tabel.

Tissue	T1 (msec)	T2 (msec)
Muscle	870	47
Liver	490	43
Kidney	650	58
Grey Matter	920	100
White Matter	790	92
Lung	830	80
CSF	2,400	160

7. Pengukuran Sinyal MRI

Proses terjadinya sinyal MRI yang berasal dari pasien tersebut melalui 3 fase fisika yaitu: fase presesi atau magnetisasi, fase resonansi dan fase relaksasi. Fase presesi atau magnetisasi terjadi ketika pasien dimasukkan kedalam medan magnet yang kuat dalam pesawat MRI, dimana magnetik dipole atau proton proton dalam tubuh pasien akan parallel

dan tidak parallel dengan kutub medan magnet pesawat, tergantung kekuatan medan magnet pesawat dan selisih proton proton yang searah dan berlawanan arah merupakan inti bebas tidak berpasangan yang akan membentuk jaringan magnetisasi.

Proton proton selain terus melakukan spin juga melakukan gerakan relatif yang sama dengan gerakan permukaan gasing yang disebut gerakan preresi. Frekuensi gerakan preresi tergantung pada jenis atom dan kekuatan medan magnet luar yang mempengaruhinya atau kekuatan medan magnet pesawat MRI.

Fase resonansi terjadi pada saat fase preresi gelombang radio (RF) dipancarkan, proton proton hydrogen akan menyerapnya dan mulai bergerak meninggalkan arah longitudinal yang sejajar dengan arah kutub magnet pesawat menuju kearah transversal dan menghasilkan magnetisasi transversal. Fase proton proton bergerak meninggalkan sumbu longitudinal menuju arah transversal disebut sebagai fase resonansi.

Fase relaksasi terjadi, ketika proton proton hydrogen berada pada bidang transversal atau decay menuju kembali kearah longitudinal atau recovery sambil melepaskan energi yang diserapnya dari gelombang radio dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang dikenal sebagai sinyal MRI, yang akan diterima oleh sebuah kumparan atau antena penerima disisi pesawat MRI, fase ini disebut fase relaksasi. Fase relaksasi dibagi menjadi T1 dan T2. Jika T1 makin lama maka diperoleh sinyal yang makin besar.

Awalnya preresi proton proton berada dalam laju dan arah atau fase yang sama namun secara perlahan satu sama lain keluar dari fase tersebut yang disebabkan terjadinya interaksi proton dengan proton proton disekitarnya atau spin-spin interaction. Magnetisasi proton proton lokal yang tidak homogen meningkatkan interaksi spin spin dan mempercepat dephasing sehingga mempercepat penurunan besarnya sinyal (signal decay) ke nilai nol. Hal ini berarti terdapat adanya sinyal yang hilang (loss of signal). Waktu yang diperlukan proton proton dari keadaan magnetisasi transversal berkurang hingga sekitar 37% merupakan nilai T2 yang sebenarnya (Bushberg, 2002).

Sinyal MRI adalah sinyal yang dideteksi pada saat spin berelaksasi dibidang transversal yang susunannya berupa sinyal sinusoidal yang meluruh secara eksponensial dengan pertambahan waktu yang disebut dengan Free induction decay (FID). Proses FID dimana setelah pancaran frekuensi radio di matikan maka spin partikel akan menyerap energi, kemudian energi tersebut akan melemah sedikit demi sedikit dan akan menuju pada satu fase (dephase). Kehilangan sinyal yang diakibatkan oleh medan magnetik lokal yang tidak homogen tersebut, menutupi nilai T2 yang sebenarnya. Nilai T2 yang diakibatkan oleh adanya medan magnetik yang tidak homogen diberi symbol T2*. Proses dephasing diakibatkan oleh hasil interaksi spin spin yang sebenarnya dan interaksi spin spin akibat medan magnet yang tidak homogen.

Kekuatan sinyal tergantung pada kerapatan proton atau density proton, waktu relaksasi spin-lattice (T1) dan relaksasi spin-spin (T2) serta sifat magnetik tubuh pasien. Pada pemeriksaan MRI, kandungan proton tergantung pada kandungan (kadar) air yang merupakan salah satu material dari komposisi kimia penyusun jaringan yang diperiksa.

Jaringan	Densitas Jaringan
Blood	93
Bone	12
Cerebrospinal fluid	96
Fat	88
Gray matter	84
Liver	81
Lung	5
Muscle	82
White matter	70

KOMPONEN MRI

A. Sistem Komputer

Sistem computer bertugas sebagai pengendali dari sebagian besar peralatan MRI. Dengan kemampuan piranti lunaknya yang besar computer mampu melakukan tugas-tugas multi, diantaranya adalah operator input, pemilihan potongan, kontrol system gradient, kontrol sinyal RF. Disamping itu, computer juga berfungsi untuk mengolah sinyal hingga menjadi citra MRI yang biasa dilihat melalui layar monitor, disimpan ke dalam piringan magnetik atau bisa langsung dicetak.

B. Sistem Magnet

1. Magnet Utama (Hashemi,R.H, dan Bradley,W.G, 1997)

Magnet utama di gunakan untuk membangkitkan medan magnet yang mampu menginduksi jaringan tubuh sehingga menimbulkan magnetisasi. Beberapa jenis magnet utama, antara lain:

a. Magnet Permanen

Magnet permanen terbuat dari beberapa lapis batang keramik ferromagnetik dan memiliki kuat medan magnet maksimal 0,3 Tesla. Magnet ini di rancang dalam bentuk tertutup maupun terbuka (C shape) dengan arah garis magnetnya adalah antero-posterior.

b. Magnet Resistiv

Medan magnet dari jenis resistif dibangkitkan dengan memberikan arus listrik pada kumparan. Kuat medan magnet yang mampu dihasilkan mencapai 0,3 Tesla.

c. Magnet Superkonduktor

Magnet ini mampu menghasilkan medan magnet hingga berkekuatan 0,5 Tesla-3.0 Tesla, dan sekarang banyak dipakai untuk kepentingan klinik. Helium cair digunakan untuk mempertahankan kondisi superkonduktor agar selalu berada pada temperatur yang diperlukan.

C. Sistem Gradient

Koil gradien dipakai untuk membangkitkan medan magnet gradient yang berfungsi untuk menentukan irisan, pengkodean frekuensi dan pengkodean fase. Terdapat tiga medan yang saling tegak lurus yaitu bidang X, Y dan Z. Peranannya akan saling bergantian dengan potongan yang dipilih axial, sagital dan coronal. Ini digunakan untuk memvariasikan medan magnet pada pusat yang terdapat 3 medan yang saling tegak lurus antara ketiganya (X,Y dan Z). Secara koordinat ruang (X, Y dan Z). Kumparan gradien dibagi 3 yaitu:

1. Kumparan gradien pemilihan irisan (slice)
2. Kumparan gradien pemilihan fase
3. Kumparan gradien pemilihan frekuensi

D. Koil Radiofrekuensi

Koil radiofrekuensi(RF), koil RF terdapat 2 tipe yaitu koil pemancar dan penerima. Koil pemancar berfungsi untuk memancarkan gelombang radio pada inti yang terlokalisir sehingga terjadi eksitasi, sedangkan koil penerima berfungsi untuk menerima sinyal output dari sistem setelah proses eksitasi terjadi (Peggy dan Freimark, 1995).

Koil RF dirancang untuk sedekat mungkin dengan obyek agar sinyal yang diterima memiliki amplitudo besar. Beberapa jenis koil RF diantaranya.

1. Koil Volume

Koil volume merupakan jenis koil RF yang sensitif terhadap volume tubuh jaringan dan sudut eksitasi yang sama, sehingga dapat menerima sinyal secara merata pada area yang tercakupinya. Koil berfungsi sebagai koil penerima sekaligus pemancar. Jenis koil volume diantaranya koil tubuh, koil genu dan koil leher.

2. KOil Permukaan

Koil permukaan didesain berbentuk kaku, lentur atau mirip pelana. Koil ini umumnya berfungsi sebagai koil penerima. Koil vertebra dan beberapa ekstrimitas termasuk jenis koil ini.

3. Koil Linier

Adalah koil yang sensitif terhadap perubahan medan magnet sepanjang garis axis tunggal. Koil permukaan sebagian besar termasuk koil linier.

4. KOil Kuadrat

Adalah koil yang sensitif terhadap perubahan axis ganda. Koil volume sebagian besar termasuk koil kuadrat.

5. Phased Array Coil

Phase Array kol dibuat untuk mengatasi kekurangan koil permukaan yang besar cakupan obyeknya sangat terbatas. PA koil umumnya digunakan pada servikal, thoraco-lumbal atau dapat dirangkaikan dengan beberapa tipe koil abdomen dan pelvis.

PEMBOBOTAN MRI

Pembobotan pada magnetic resonance imaging adalah suatu pencitraan dengan menggunakan beberapa parameter yang berhubungan dengan jaringan tubuh yang akan didiagnosa. Dalam penelitian ini ada dua jenis pembobotan yang akan dilakukan yaitu pembobotan T1 dan Pembobotan T2.

Pembobotan pada MRI merupakan suatu pencitraan dengan menggunakan beberapa parameter yang berhubungan dengan jaringan tubuh yang akan di diagnosa, dipengaruhi oleh nilai TR dan TE. Dalam penelitian ini dikaji tentang pembobotan T2, yang memanfaatkan echo train length (ETL) namun akan dijelaskan secara ringkas tentang pembobotan T1.

9. Pembobotan T1

Pembobotan T1 merupakan pembobotan dengan parameter TR dan TE yang pendek. Pada pembobotan T1 dengan nilai TR pendek jaringan (lemak) akan mengalami recovery penuh pada arah longitudinal dan akan tampak gelap atau hyperintense. Sedangkan pada jaringan yang memiliki nilai TR panjang (CSF) akan mengalami recovery sebagian atau partial, sehingga akan tampak hypointense, tetapi untuk jaringan yang mempunyai T1 yang cepat maka pada pembobotan T1 akan kelihatan terang atau hypointens. Tabel dibawah ini menunjukkan karakteristik jaringan dari struktur anatomi (Pierce, 1995).

Jaringan	Pembobotan T ₁	Pembobotan T ₂
CSF	Gelap	Terang
Gray matter	Abu - abu	Abu-abu
White matter	Terang	Terang
Lemak atau fat	Terang	Abu-abu
Corticoal bone	Gelap	Gelap
Air	Gelap	Gelap
Darah atau blood	Gelap	Gelap
Edema	Abu – abu gelap	Terang
Protein	Terang	Terang

Dengan parameter TE yang pendek maka waktu untuk meluruh atau relaksasi spin-spin sangat singkat sehingga peluruhan sinyal menjadi minimal. Parameter TE yang pendek untuk meminimalkan transversal decay, T2 selama akuisisi sinyal. Biasanya pembobotan T1 diinterpretasikan untuk menunjukkan struktur anatomi (Busberg, 2002).

10. Pembobotan T2

Pembobotan T2 adalah pembobotan dengan menggunakan parameter TR yang lama dan TE yang lama. Pembobotan T2 baik dalam menciptakan sinyal yang terang pada pemeriksaan kelainan patologi. Air akan tampak lebih cerah dari lemak (Robbie, 2006). Nilai TR lebih dari 1000 msec dan TE lebih dari 30 msec. Dengan TR yang panjang mengakibatkan terjadinya proses magnetisasi ke equilibrium untuk semua jenis jaringan (fat, CSF) sudah mencapai magnetisasi maksimum, saat itu juga perbedaan intensitas sinyal relative untuk semua jaringan.

Dengan nilai TE yang panjang maka jaringan yang mempunyai nilai TR pendek yaitu lemak pada pembobotan T2 akan tampak gelap atau hyperintens, karena waktu untuk meluruh atau relaksasi spin-spin pendek sehingga peluruhan sinyal menjadi lebih banyak. Peluruhan sinyal yang banyak mengakibatkan intensitas sinyal relatif yang dihasilkan menjadi sedikit, menjadi hyperintens. Artinya peluruhan sinyal yang sedikit akan meminimalkan proses.

Pembobotan T2 penting dalam memperlihatkan citra dari vertebra lumbal terutama irisan sagital dibandingkan teknik SE konvensional (Maksymowych, 2007). Pembobotan T2 FSE menggunakan echo train yang panjang atau ETL. Semakin banyak ETL, pembobotan T2 akan semakin tinggi. Hal ini akan menyebabkan kekaburan citra atau blurring, memungkinkan pengurangan nilai signal to noise ratio (SNR) atau perbandingan antara besarnya amplitudo

sinyal dengan amplitude noise, yang berpengaruh terhadap kontras citra atau *contrast to noise ratio* (CNR) merupakan salah satu kelemahan FSE (Woodward dan Freimarck, 2001).

11. Penelitian sebelumnya tentang pengaruh ETL menyatakan pada peluruhan T2 dengan echo train yang panjang atau ETL akan menyebabkan bluring yang berhubungan dengan pelebaran puncak pada fungsi titik sebaran *point spread function* (PSF), menggambarkan luasnya puncak setengah maksimum atau *full width at half maximum* (FWHM), yang menghasilkan nilai SNR yang akan mempengaruhi kontras citra MRI (Qin, 2012). Pada pencitraan MRI selain T2 yang tinggi juga dengan T2 yang pendek menyebabkan kekaburan dan kerugian sinyal amplitudo (Rahmer, et. al, 2006).

PULSE SEQUENCE

A. Slice Selection

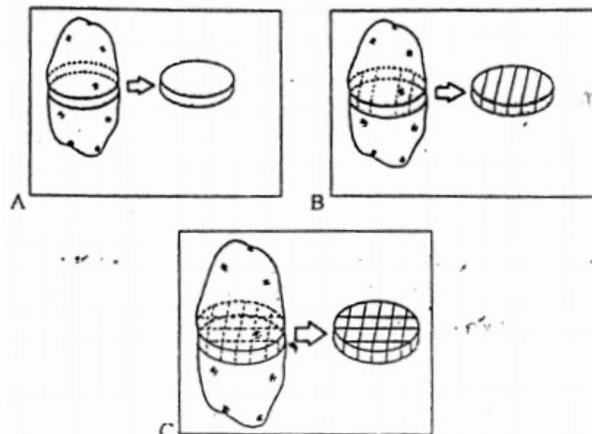
Tubuh manusia terbentuk dalam tiga dimensi, sedangkan untuk membuat imaging membutuhkan per slice. Seandainya kita mempunyai FOV dengan thickness (tebal) yang besar dan luas, maka apabila kita beri RF akan memberikan signal pada semua bila RF dan BO sama. Maka dalam MRI untuk mendapatkan slice dengan menggunakan gradien magnet (gambar), dan dengan membuat perbedaan besar BO pada tiap-tiap slice maka RF akan berbeda- beda juga untuk setiap slicenya.

Dalam instrumen MRI disebutkan ada tiga buah gardien koil, yaitu :

1. Gradien coil X, untuk membuat potongan sagital
2. Gradien coil Y, untuk membuat potongan coronal
3. Gradien coil Z, untuk membuat potongan axial

Yang dimaksud dengan pulsa sequency yaitu suatu cara untuk memperoleh pulsa dengan memodifikasi besar dan waktu RF dan perubahan gradient coil. Nama atau system pulsa sequency dalam setiap alat MRI berbeda-beda dari pabriknya. Biasanya radiografer hanya mengatur nilai-nilai yang berkaitan pada parameter saja

Dengan pengaplikasian 3 gradien saling tegak lurus tersebut diatas, maka keadaan lokalisasi spasial akan didapatkan



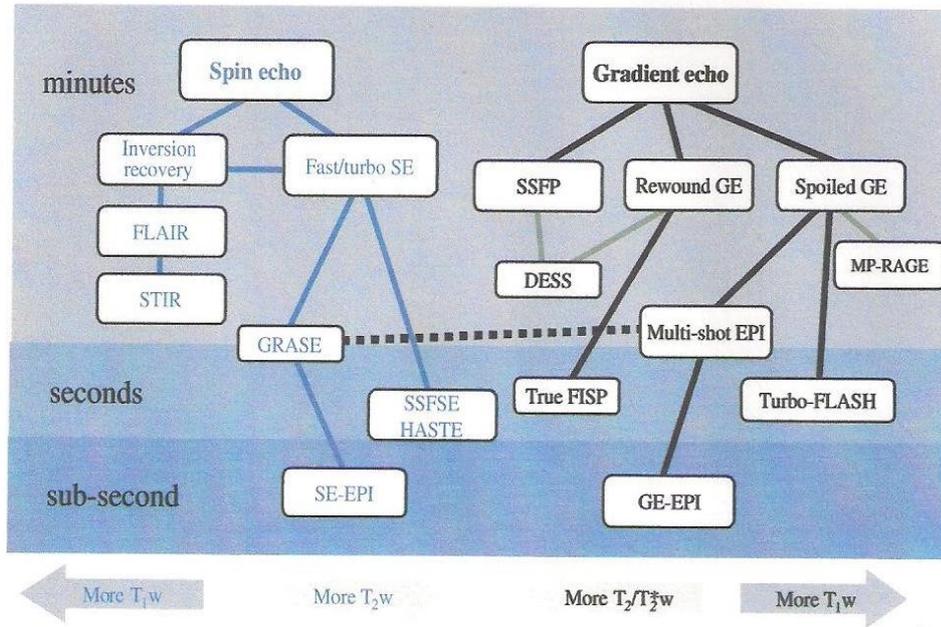
Gambar 4.1 Ilustrasi perolehan data citra. (A)penerapan medan gradient Z akan mengiris objek menjadi suatu irisan atau slice dalam tebal tertentu. (B)dengan penerapan medan gradient X akan mengakibatkan masing-masing slice slice akan terpotong menjadi bentuk batangan atau stick. (C) selanjutnya dengan penerapan medan gradient Y akan dilakukan pengkodean fase sehingga didapatkan pengukuran sinyal pada masing-masing elemen voxel akan didapatkan. (Osborn A.G, 1992)

B. Pulse Sequence

Pulse sekuens dan waktu pencitraan adalah pengontrol gambar MRI. Pulse sekuens berbentuk diagram yang berisi komponen utama pembentuk citra MRI yang dilakukan pada

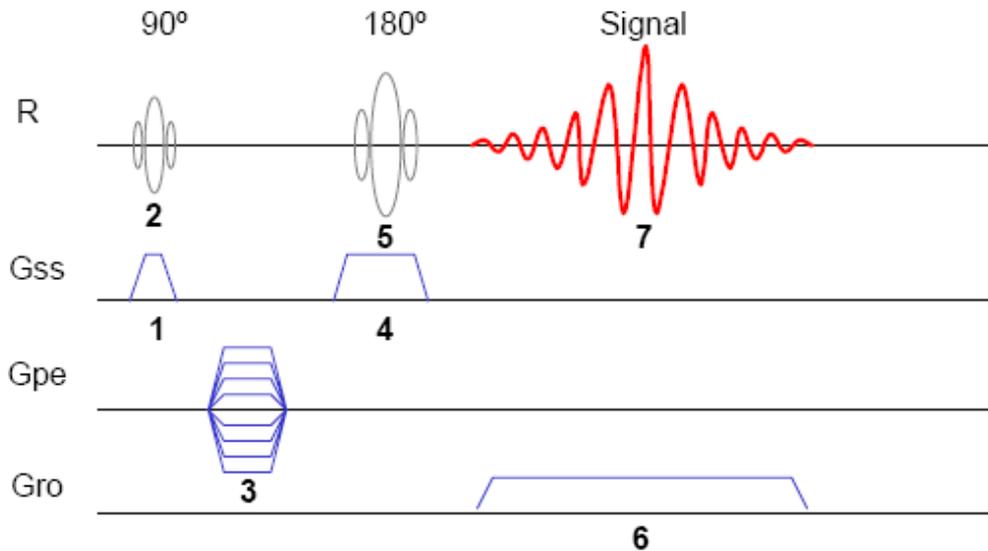
tiap-tiap waktu. Pada CT kontras gambar adalah efek dari atenuasi sinar x oleh jaringan. Sedangkan pada MRI kontras gambar didapat dari perbedaan intensitas sinyal yang terjadi dari magnetisasi proton masing-masing jaringan. Semua citra MRI dihasilkan dari pulse sequence yang tersimpan dalam scanner computer. Yang radiografer lakukan adalah meng-ajust TR dan TE untuk mendapatkan kontras gambar yang diinginkan.

Pulsa sekuen MRI adalah gabungan rangkaian pulsa RF, aplikasi gradien, dan intervensi periode waktu. Dua type utama metoda pencitraan MRI adalah Spin Echo dan Gradient Echo.



Gambar 4.2 Pulse Sequence Family Tree

1. Spin Echo



Gambar 4.3 Pulse Sequence Spin Echo

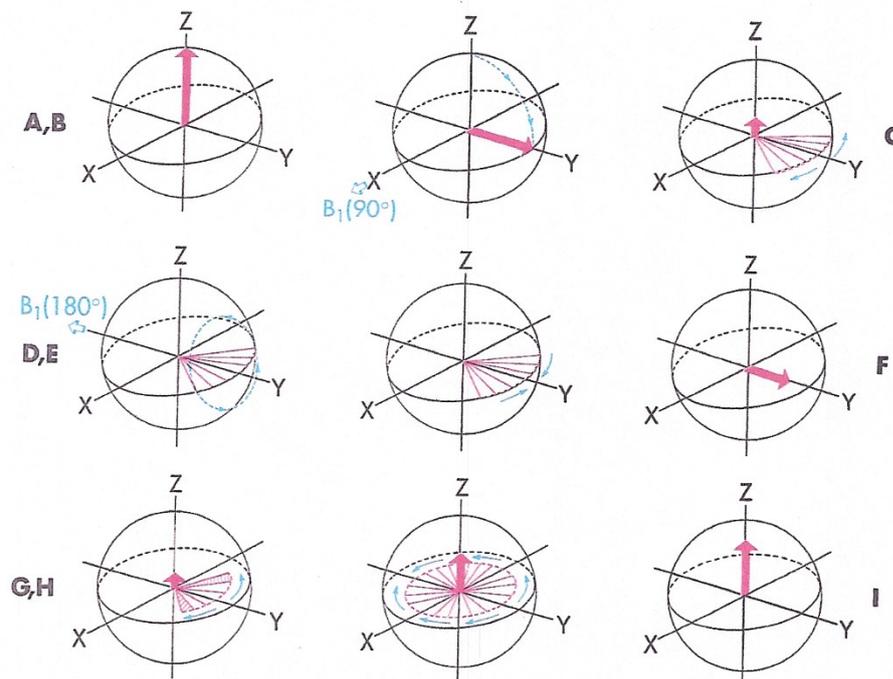
Diagram pulsa sekuen *Spin Echo*. Diawali dengan pemberian pulsa RF 90° bersamaan dengan *slice selection* (ss), dilanjutkan dengan *phase encoding* (pe), pulsa RF 180 dan *read out* (ro) pada saat terbentuk *echo* (Woodward, 1995).

Sekuen *Spin Echo* adalah sekuen dengan urutan dasar eksitasi pulsa 90°, *spatial encoding*, 180° *rephasing pulse*, dan *redout*. *Spin echo* menggunakan dua parameter

esensial yaitu TR dan TE.

Karakteristik khusus spin echo :

- Spin echo menggunakan eksitasi pulsa RF 90° diikuti oleh satu atau lebih rephasing pulsa 180°
- SE menggunakan 2 pulsa RF
- SE menghasilkan T1, T2 dan PD tgt dari pemilihan nilai TR dan TE .
- SE menghasilkan gambar terbagus (gold standar) tapi scan time nya relatif lama (beberapa menit).
- T2 juga menampilkan citra patologis krn jaringan yang sakit mengalami peningkatan vaskularisasi atau terjadi pembengkakan. Adanya kandungan air yang meningkat akan meningkatkan intensitas sinyal di T2, shg mudah diidentifikasi.



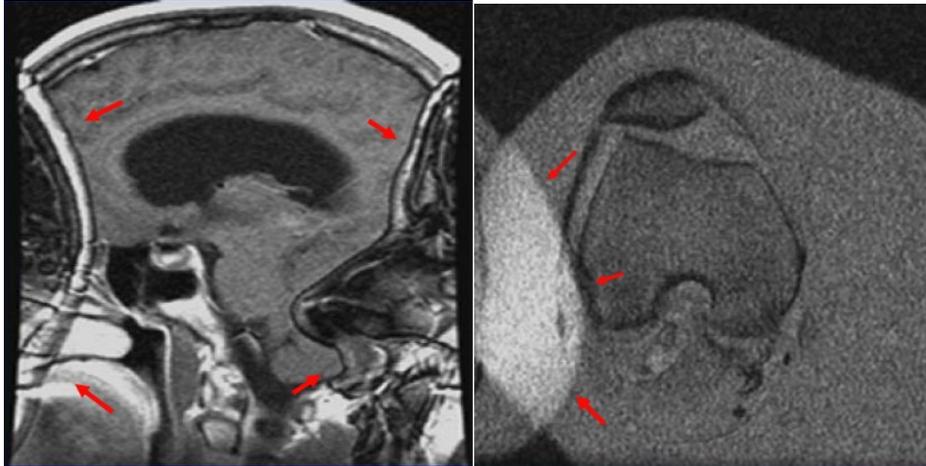
Gambar 4.4 Proses pada Spin Echo

MRI ARTIFACT

Artefak adalah segala sesuatu yang tampak / terlihat pada sebuah gambaran namun sebenarnya tidak terdapat pada obyek. Jenis-jenis artefak adalah sebagai berikut :

A. Phase wrap / Aliasing

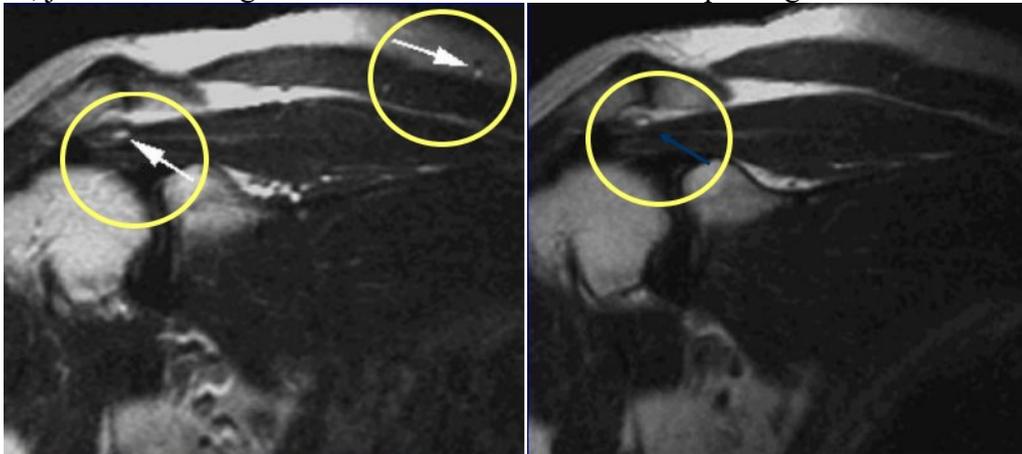
Phase wrap didefinisikan anatomi / obyek di luar FoV terlipat ke dalam gambaran sesuai dengan arah Phase Encoding. Penyebab dari artefak ini adalah pemilihan Arah Phase Encoding yang tidak tepat atau FoV lebih kecil dari besar obyek pada arah phase. Solusi nya adalah gunakan Phase Oversampling, perbesar FoV pada arah Phase, ubah Arah Phase, dan gunakan presaturation.



Gambar 5.1 Phase wrap / aliasing artifact

B. Chemical Shift

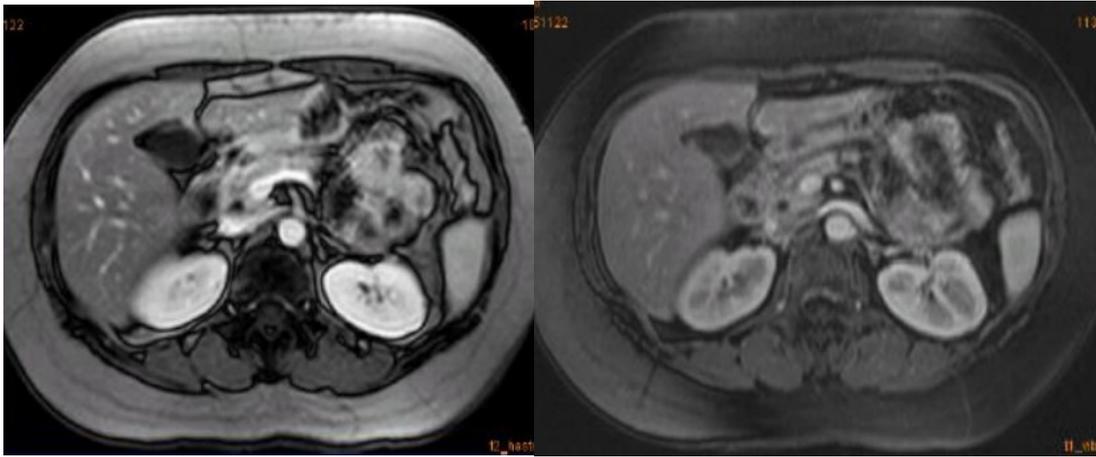
Timbulnya gambaran-gambaran high signal (hyperintense) pada tendon karena perbedaan ikatan antar molekul atom H pada jaringan. Penyebabnya adalah pemilihan pita bandwidth yang terlalu sempit. Solusinya adalah ulangi pemeriksaan dengan menggunakan bandwidth yang lebih lebar, jika tidak hilang maka hal tersebut adalah keadaan patologi.



Gambar 5.2 Chemical Shift Artifact

C. Black Boundary

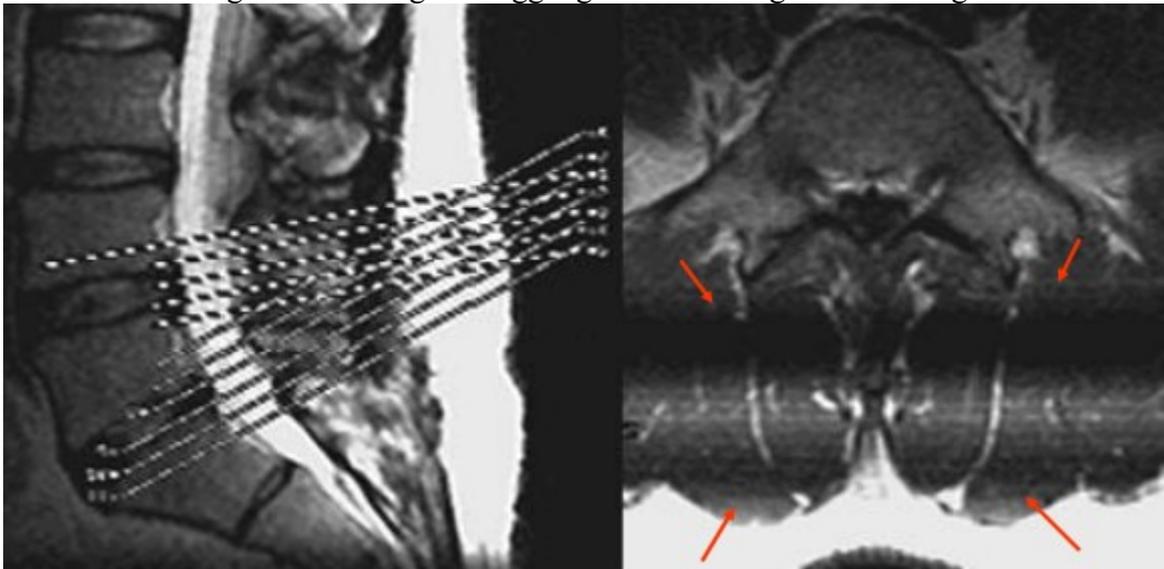
Gambaran garis hitam yang membingkai organ. Pada pemeriksaan post contrast gambaran organ terlihat hiperintens. Penyebabnya adalah pemilihan TE yang terlalu pendek. Solusinya adalah gunakan TE yang lebih panjang. Black boundary terkadang memberikan keuntungan dalam menilai morfologi organ pada kasus fatty liver, pemeriksaan adrenal dan ginjal.



Gambar 5.3 Black boundary artifact

D. Cross Talk

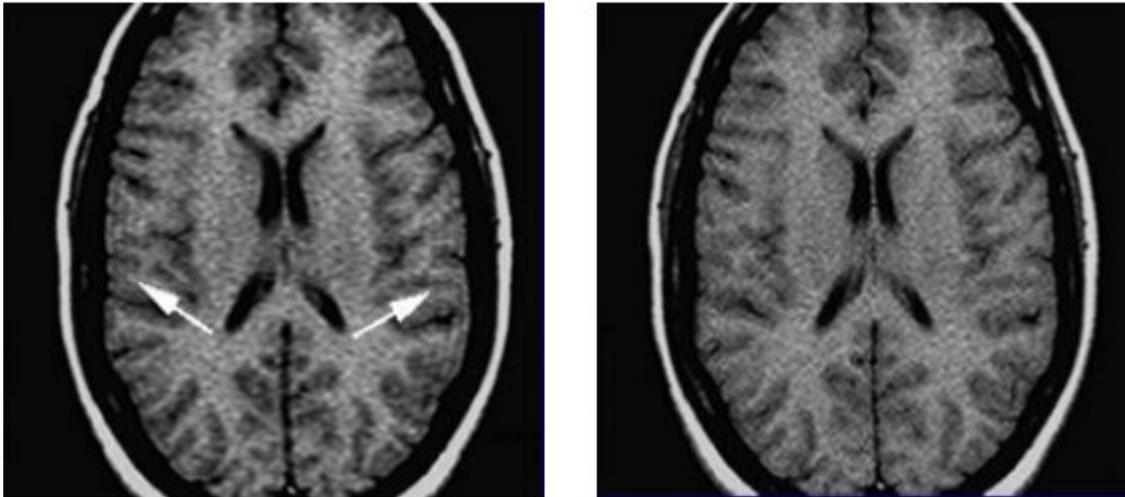
Gambaran garis hitam yang memotong / tampil di tengah gambaran. Penyebabnya adalah Pengaturan / pengambilan irisan yang memotong satu sama lain dalam bidang FoV, sering terjadi pada pengambilan gambaran transversal Lumbo-sacral. Solusinya adalah Atur perencanaan irisan agar tidak saling bersinggungan / memotong dalam bidang FoV.



Gambar 5.4 Cross talk artifact

E. Truncation Artifact

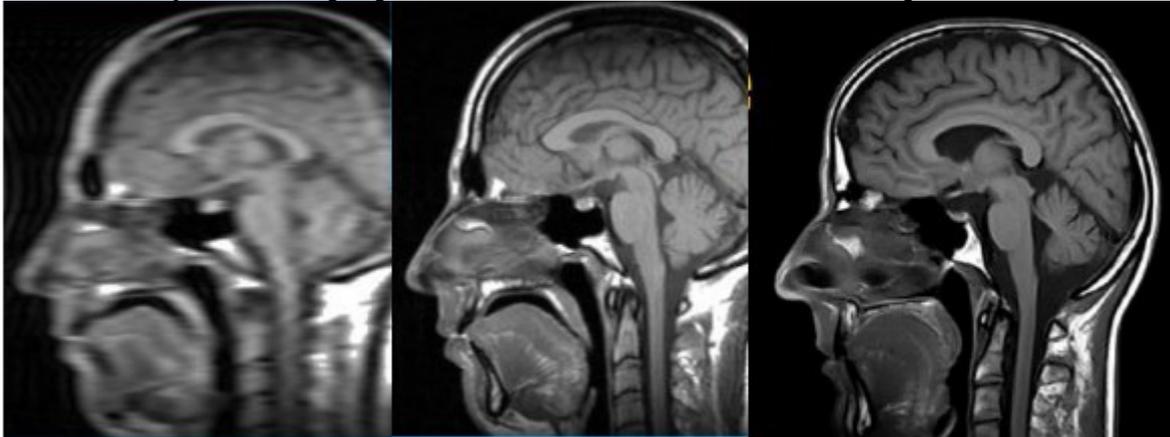
Gambaran garis garis halus dekat dengan tepi obyek. Penyebabnya adalah undersampling pada pemakaian frekuensi tinggi, misalnya menggunakan matrix frequency yang lebih kecil dari matrix phase. Solusinya adalah atur agar resolusi matrix pada arah frekuensi sesuai lebar FoV dan tidak lebih kecil dari matrix arah phase.



Gambar 5.5 Truncation Artifact

F. Blurring Effect

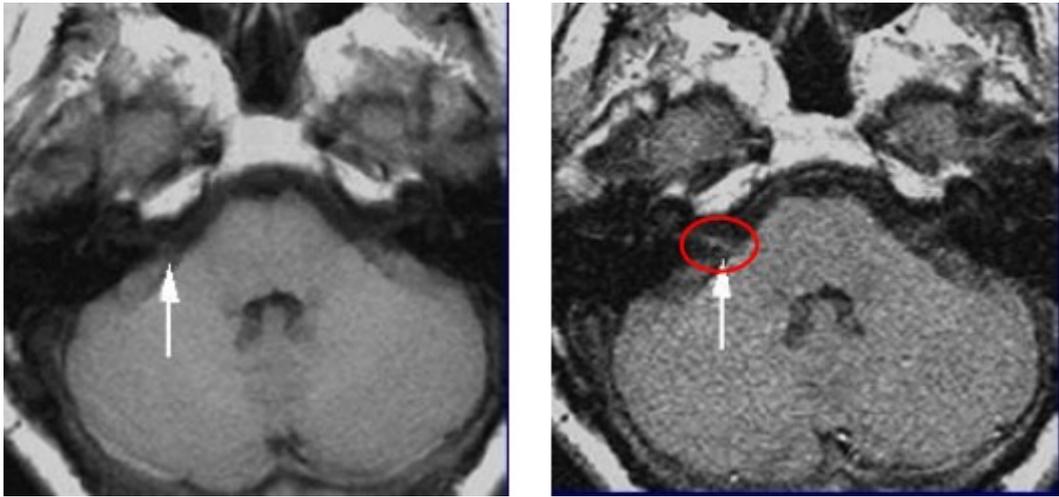
Gambaran tidak tegas dan resolusi terlalu rendah. Penyebabnya adalah penggunaan matrix yang lebar pada nilai FoV tertentu, misal 96 x 128 pada FoV 25 x 25 cm. Solusinya adalah Atur agar matrix menjadi lebih rapat pada nilai FoV tertentu, misal 192 x 256 pada FoV 25 x 25 cm.



Gambar 5.6 Blurring effect

G. Partial Volume Averaging

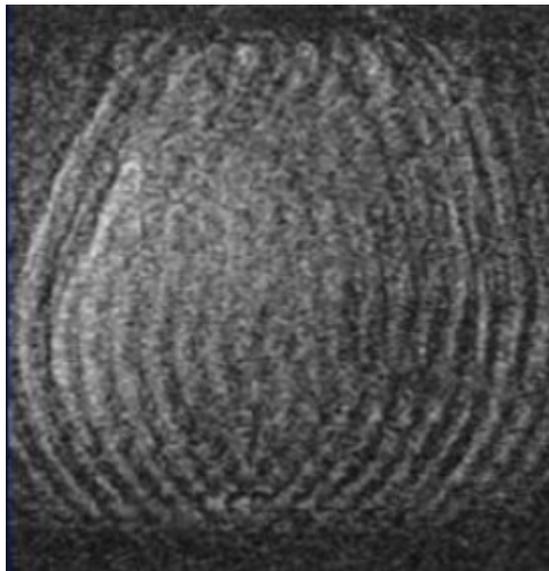
Detail Gambaran organ tidak tampak walaupun terletak pada slice yang sama, terutama pada obyek-obyek kecil. Penyebabnya adalah pemilihan Slice thickness yang terlalu tebal untuk memeriksa detail yang kecil, misalnya cranial nerves. Solusinya adalah Gunakan slice yang tipis untuk memeriksa organ-organ yang kecil atau saat dibutuhkan detail tinggi.



Gambar 5.7 Partial Volume Averaging

H. Failed Sampling

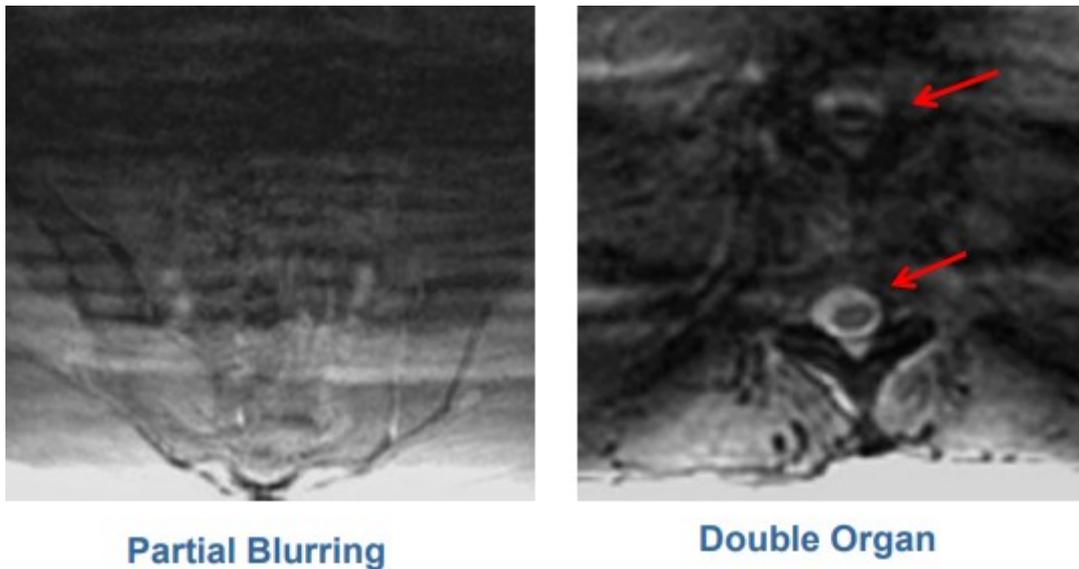
Gambaran tidak terbentuk, noise dan outline organ saling bertumpuk. Penyebabnya adalah coil terlepas dari socket ditengah proses pemeriksaan atau pasien meninggalkan medan magnet saat pemeriksaan. Solusinya adalah komunikasikan dengan pasien agar kooperatif atau pemberian sedative jika dibutuhkan.



Gambar 5. 8 Failed sampling

I. Partial Blurring and Double Organ

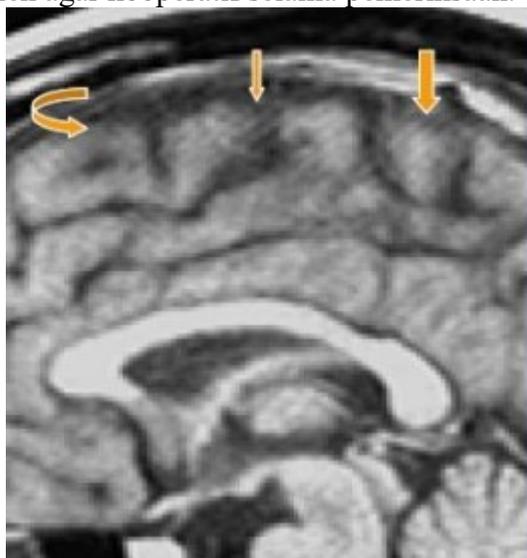
Gambaran terbentuk tidak sempurna, blurred pada sebagian besar gambaran organ, terutama pada spine dan muncul gambaran organ yang double. Penyebabnya adalah pasien bergerak ditengah pemeriksaan. Solusinya adalah ulangi sequence setelah pasien lebih tenang.



Gambar 5.9 Partial blurring and double organ

J. Random Fine Lines / Artefak Arsiran

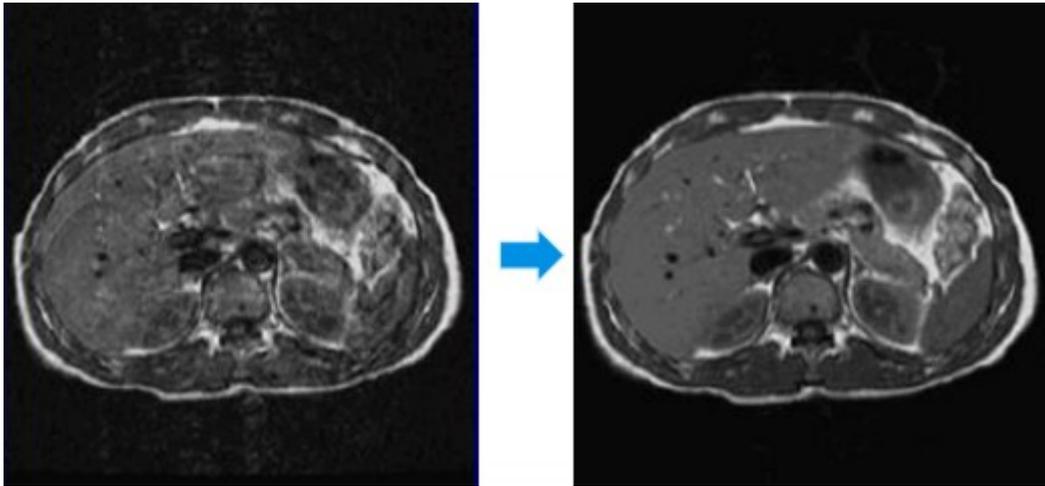
Terbentuk gambaran garis garis halus (nyaris tidak tegas) yang muncul secara random pada gambaran, terutama sagittal. Penyebabnya adalah pasien bergerak pada beberapa detik akhir dari pemeriksaan, dimana saat tersebut adalah saat pengisian sisi terluar K-space. Solusinya adalah komunikasikan dengan pasien agar kooperatif selama pemeriksaan.



Gambar 5.10 Random Fine Lines

K. Respiratory Motion

Gambaran organ abdomen tidak jelas batas-batasnya, detail rendah. Penyebabnya adalah pasien bernafas saat pemeriksaan yang membutuhkan tahan nafas. Solusinya adalah komunikasikan dengan baik kepada pasien.



Gambar 5.11 Respiratory Motion

L. Swallowing Motion

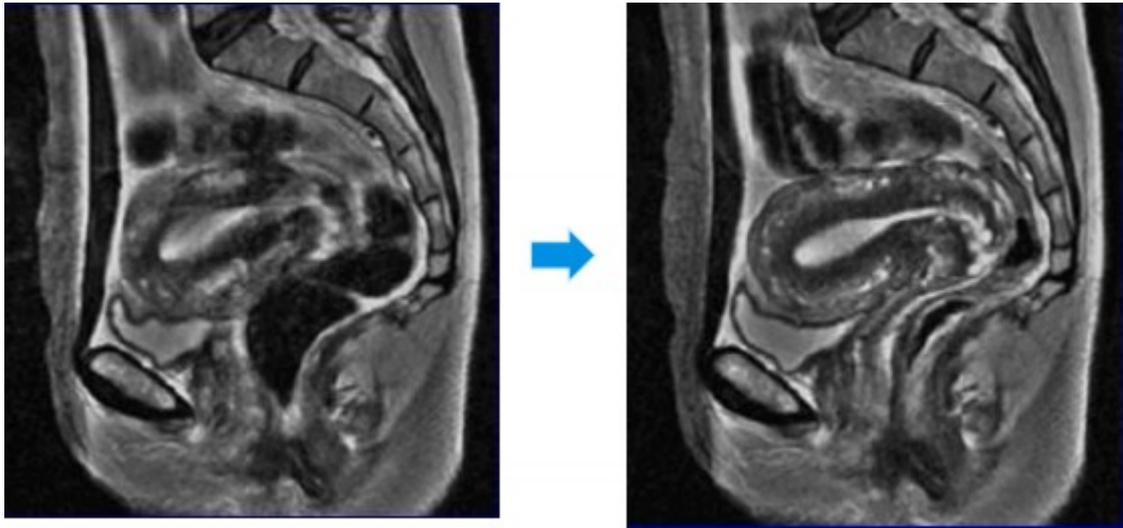
Gambaran spinal cord cervical blurred atau terdapat signal hiperintens tidak merata pada myelum atau Gambaran carotis mengalami stepping / terkesan stenosis. Penyebabnya adalah pasien menelan saat pemeriksaan daerah leher. Solusinya adalah ubah arah phase encoding menjadi H-F, gunakan flow compensation, gunakan saturation band.



Gambar 5.12 Swallowing Motion

M. Peristalsis Motion

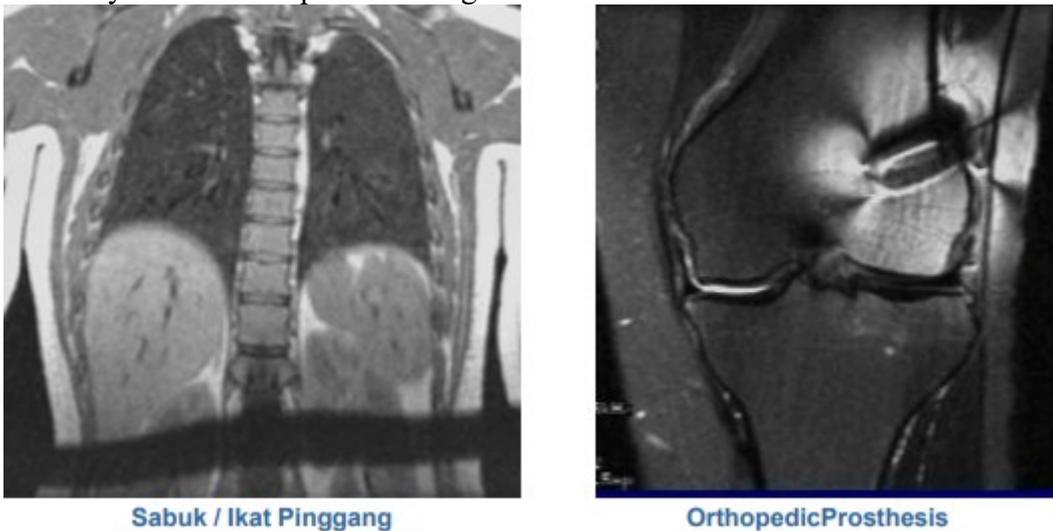
Terutama pada pemeriksaan pelvis dan Usus besar, batas organ tidak jelas. Penyebabnya adalah gerakan Peristalsis Usus besar yang terlalu cepat saat proses akuisisi. Solusinya adalah gunakan antispasmodic IV sebelum pemeriksaan dan gunakan presaturation band.



Gambar 5.13. Peristasis Motion

N. Susceptibility artifact

Susceptibility adalah artefak karena adanya bahan peka terhadap magnet / implant logam pada tubuh pasien dapat berakibat pada berubahnya bentuk organ, atau munculnya area hitam (no signal) pada obyek (susceptibility). Penyebabnya adalah pasien menggunakan benda-benda logam. Solusinya adalah melepas benda logam tersebut.



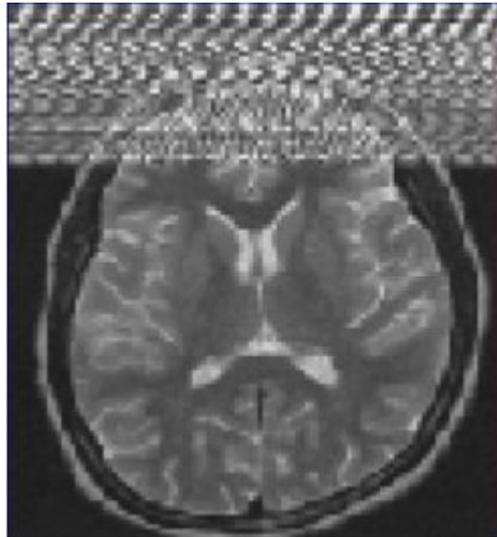
Sabuk / Ikat Pinggang

Orthopedic Prosthesis

Gambar 5.14 Susceptibility artifact

O. Zipper / Tire Track / Zebra Artifact

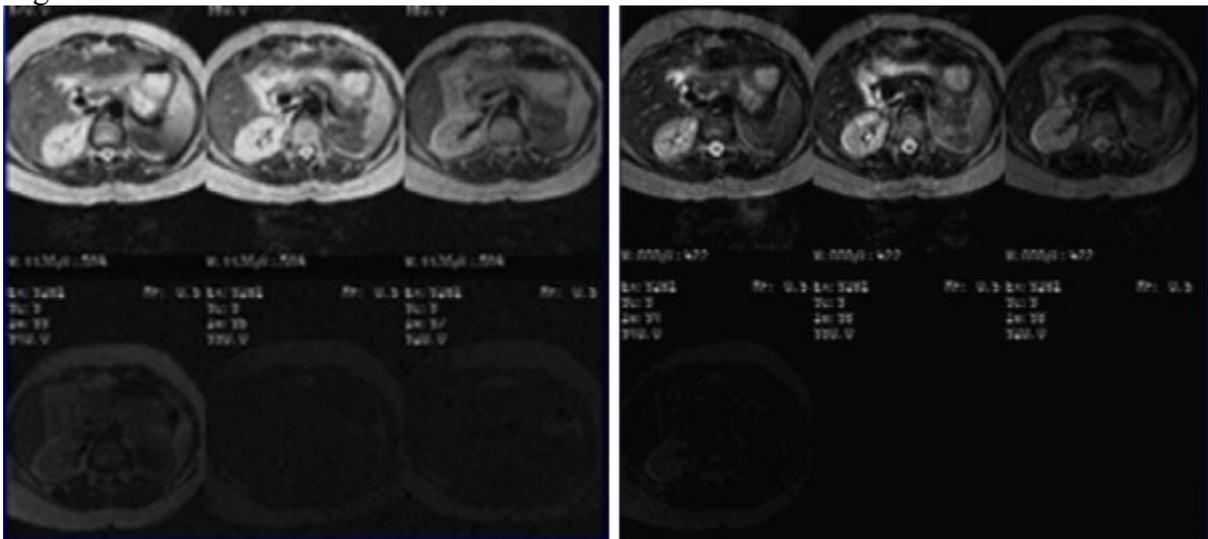
Terdapat gambaran seperti ritsleting, jejak ban atau motif Zebra (vertikal atau Horizontal) pada gambaran. Penyebabnya adalah intervensi gelombang radiofrekuensi dari luar system. Solusinya pastikan pintu tertutup rapat, lampu dalam ruangan dalam kondisi baik dan elektronik dalam ruangan harus mendapat shield.



Gambar 5.15 Zebra Artifact

P. Signal Loss Artifact

Gambaran semakin lama semakin gelap / hilang seiring dengan penambahan slice. Hal ini bisa disebabkan karena ada elemen coil yang rusak atau coil tidak mencakup seluruh organ yang diperiksa. Solusinya dengan gunakan coil sesuai dengan luas objek dan simpan coil dalam posisi yang benar.



Gambar 5.16 Signal Loss Artifact

TEKNIK PEMERIKSAAN MRI KEPALA

A. Indikasi Pemeriksaan

1. Cerebral Tumor
2. Stroke
3. Akustik Neuroma
4. Lesi pituitary
5. Dementia
6. Haemorage
7. Trauma
8. Epilepsi
9. Aids

B. Alat dan Bahan

1. Quadrature coil



Gambar 6.1 Quadrature coil

2. Alat immobilisasi
3. Alat penutup telinga
4. Emergency buzzer
5. Monitoring dan gating devices

C. Persiapan pasien

1. Pasien ganti baju dan melengkapi check list yg disediakan
2. Pasien supine pada meja pemeriksaan dan meletakkan kepala didalam coil
3. Emergency buzzer diberikan kepada pasien dan dijelaskan kapan harus digunakan.
4. Pasien dipasang alat penutup telinga
5. Cek head alignment dan posisi kepala didalam coil



Gambar 6.2 Cek head alignment

6. Pasien dimasukkan ke dalam bore magnet dengan daerah kepala berada pd isosenter
7. Pastikan pasien merasa nyaman dan aman
8. Pintu ditutup rapat agar tidak ada interferensi RF

D. Parameter umum

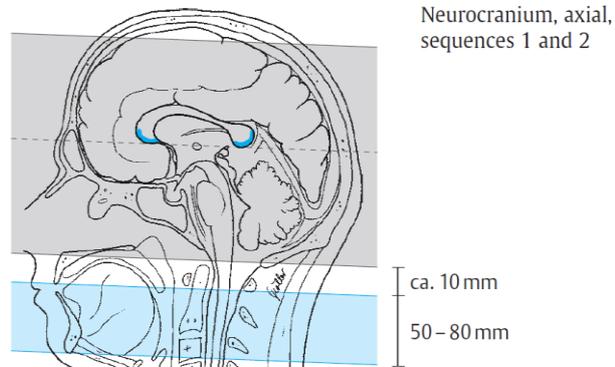
1. FOV sesuai dengan area pemeriksaan (no wrap)
2. Slice thickness 5 mm utk brain dan 3 mm utk cranial nerve dan pituitary
3. Slice gap 0 sampai 0,5
4. Banyaknya slices sesuai daerah yang discan
5. Pre sat diperlukan untuk flow dan aliasing atau wrapping
6. Matrix rectangular bila memungkinkan 192 x 256
7. Fat sat mungkin digunakan untuk jaringan tertentu dan bila menggunakan T2 FSE
8. MRA mungkin diperlukan untuk melihat peredaran darah
9. Spoiled gradient (T1) mungkin diperlukan untuk hemorrhage

E. Teknik Pemeriksaan

1. Localizer

Tiga localizer yang sering digunakan:

- a. sagital mid line
- b. coronal sekitar setinggi pituitary
- c. axial/transverse (mid lateral ventrikel)



Gambar 6.3 Bidang scanning axial oblik

2. Axial oblik dengan Spin Echo

- a. Medium slice/gap : 5 mm/2,5 mm (dari foramen magnum ke permukaan superior brain).
- b. slices agak oblik diatur paralel dengan garis antara anterior ke posterios commissures
- c. terkadang Proton Density diganti dengan FLAIR

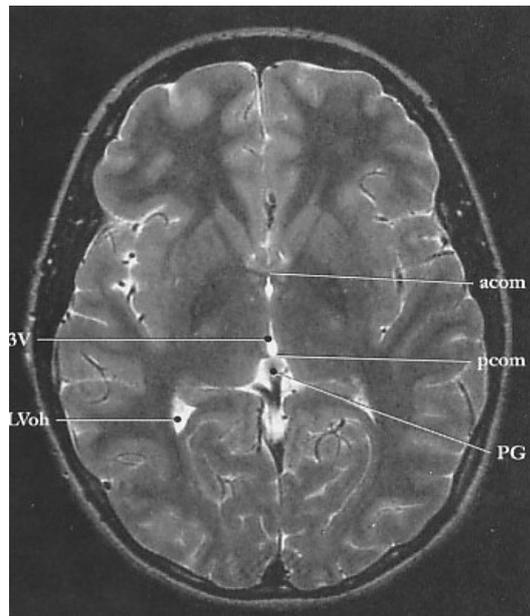
3. Contoh Parameter Axial

T2 weighted :

- a. TR = 3500-4500
- b. TE = 100-120
- c. Slice thickness: 5-6mm
- d. Slice gap: 20% of slice thickness (1-1.2mm)
- e. Matrix: 512
- f. FOV: 220-240mm

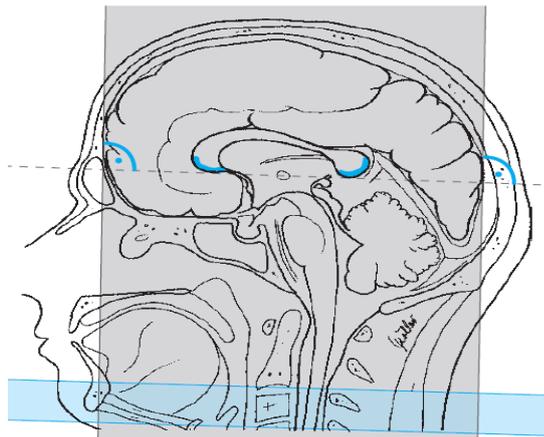
T1 weighted

- a. TR = 450-600
- b. TE = 12-25



Gambar 6.4 Axial Brain

4. Bidang Scanning Coronal



Gambar 6.5 Bidang scanning coronal

- a. Medium slices/gap (5mm/2.5 mm) dari cerebellum hingga lobus frontalis
 - b. Posisi slices tegak lurus dengan garis yg menghubungkan genu dan splenium, corpus calosum
5. Contoh parameter coronal
- FLAIR
- a. TR = 9000
 - b. TE = 120
 - c. TI = 2300
 - d. Slice thickness: 6mm
 - e. Slice gap: 20% of slice thickness (1.2mm)
 - f. Saturation slab: orthogonal to the slices (axial superior to the neck)
- T2 wieghted
- a. TR = 3500–4500
 - b. TE = 100
 - c. Slice thickness: 5–6mm
 - d. Slice gap: 20% of slice thickness (1.0–1.2mm)

- e. Saturation slab: orthogonal to the slices (axial superior to the neck), or activate flow compensation

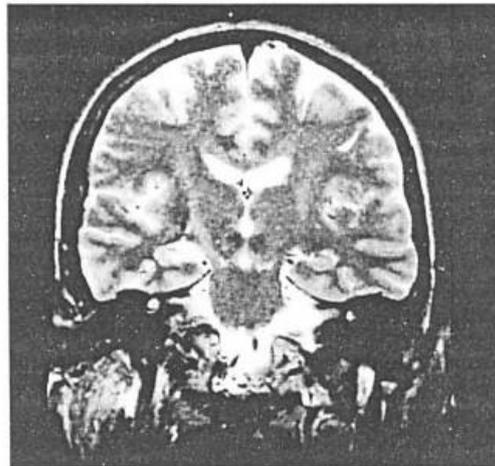
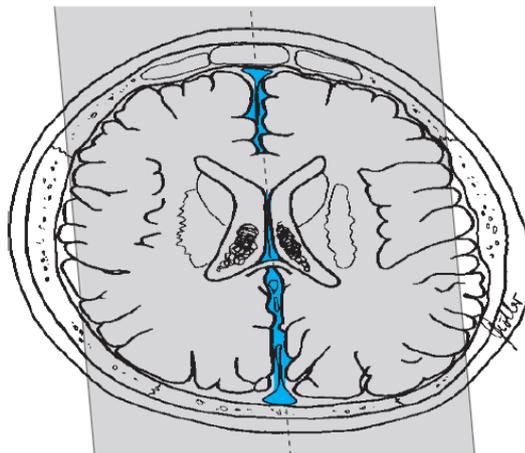


Fig. 16. Coronal FSE T2 weighted image of the brain showing normal appearances.

Gambar 6.6 Coronal Brain

6. Bidang scanning sagittal

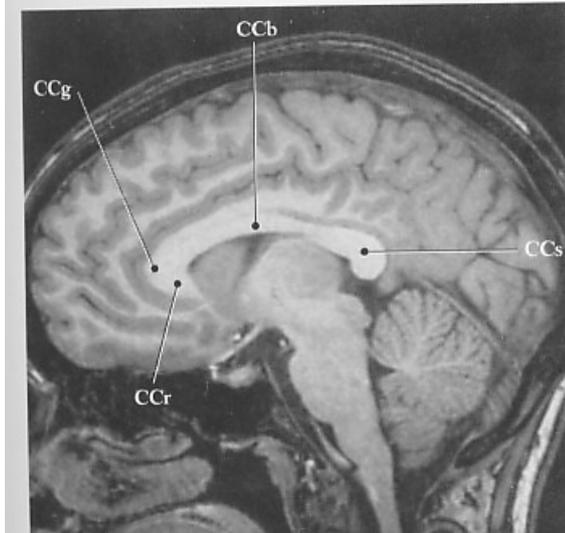


Gambar 6.7 Bidang scanning sagittal

- Medium slices/gap (5mm/2.5 mm) dr temporal lobes yg kanan dan kiri.
- FOV = 20-26 cm
- Daerah dari pars parietal kanan hingga pars parietal kiri masuk dalam gambar

Key. CCb corpus callosum, body; CCg corpus callosum, genu; CCr corpus callosum, rostrum; CCs corpus callosum, splenium.

Figure 2.23 Midsagittal MR scan of cerebral cortex. (R1.B)



Gambar 6.8 Sagital Brain

TEKNIK PEMERIKSAAN MRI THORAX

A. Indikasi Pemeriksaan

1. Abses abnormal
2. Lymphatic Malformation
3. Pleural lesi
4. Pericardial disease

B. Persiapan Pasien

1. Pasien berganti baju pasien
2. Pasien harus terbebas dari bahan-bahan logam yang dapat mengganggu citra
3. Apabila dibutuhkan media kontras maka perlu memperhatikan alergi pasien

C. Alat dan Bahan

1. Coil
2. Alat fiksasi dan straps
3. Earplug
4. Selimut
5. Printer
6. Workstation

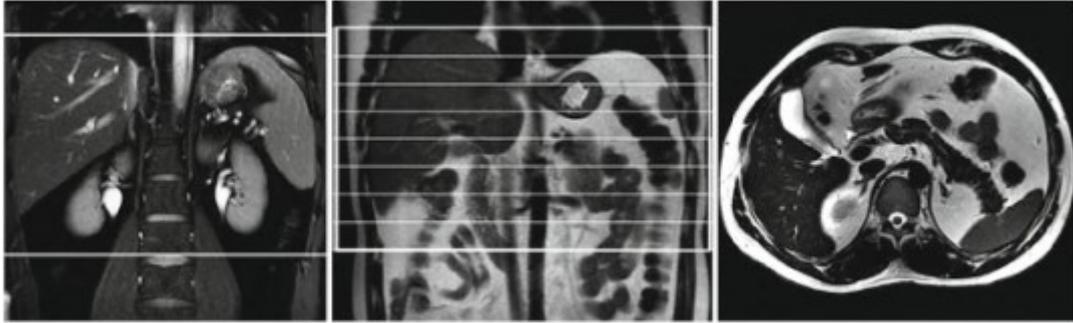


Gambar 7.1 Posisi Pasien

D. Protokol

1. Localizer 3 irisan (sagittal, coronal, dan axial)
2. Coronal FSE

3. Axial T1W
4. Axial STIR



Gambar 7.2 Citra Axial

TEKNIK PEMERIKSAAN ABDOMEN DAN PELVIS

A. Alat dan Bahan

5. Body coil
6. Alat fiksasi dan strap
7. Selimut
8. Earplug
9. Unit workstation
10. Printer

B. Persiapan Pasien

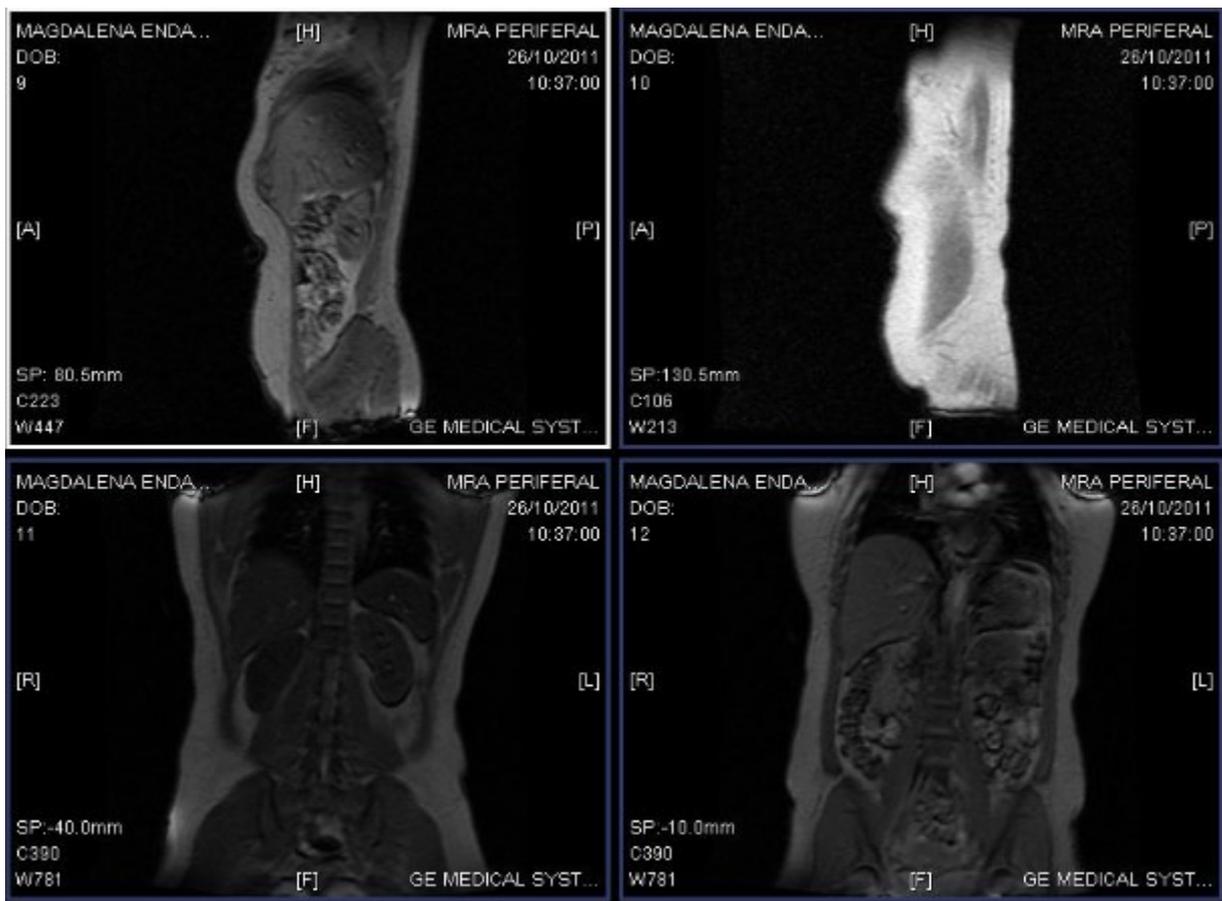
Tidak ada persiapan khusus, hanya saja pasien di komunikasi untuk tidak bergerak dan mengikuti instruksi dari radiographer.

C. Posisi Pasien

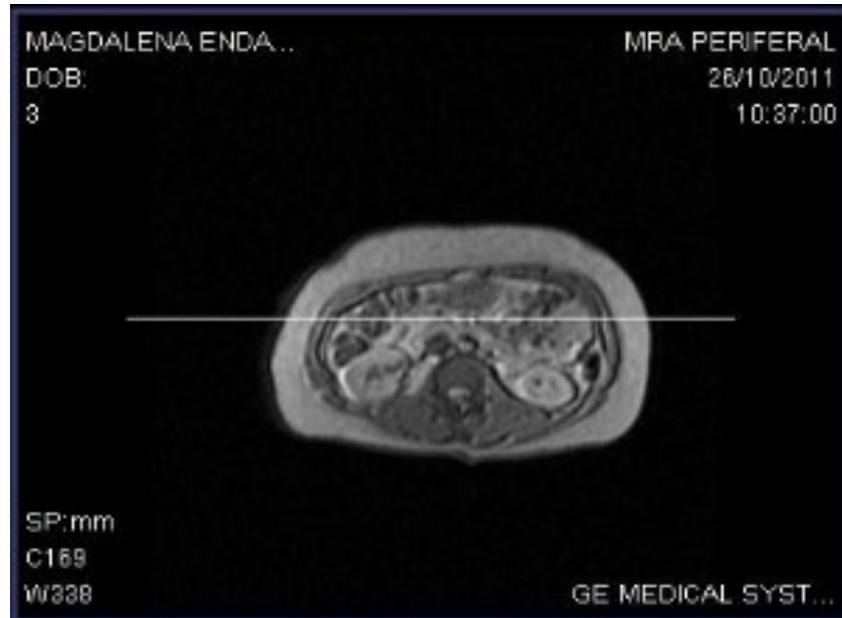
1. Pasien supine di meja pemeriksaan
2. Posisi feetfirst
3. Kedua tangan di atas kepala

D. Protokol

1. FOV dapat mengcover keseluruhan abdomen
2. Menggunakan respiratory triggering
3. Slice thickness 2,5 – 7 mm
4. Axial T1W dan T2W
 5. Sagital T1W dan T2W
 6. Coronal T1W dan T2W



Gambar 8.1 Citra Sagittal dan Coronal MRI Abdomen



Gambar 8.2 Citra MRI Abdomen potongan axial

TEKNIK PEMERIKSAAN SPINE

A. Indikasi pemeriksaan

1. Myelopathy
2. Radiculopathy
3. Cord compression atau trauma
4. Pemeriksaan untuk mengetahui penyebaran infeksi atau trauma pada spine

5. Diagnosis untuk chiari malformation dan syrinx.
6. MS plaque dalam chorda spinalis

B. Posisi Pasien

1. Pasien berbaring di atas meja pemeriksaan, neck coil di bawah atau di sekitar area cervical.
2. Biasanya posisi coil secara otomatis fix tepat pada posisinya, tetapi bila tidak, atau bila menggunakan flat coil, maka perlu digunakan pads dibawah shoulder.
3. Posisi pasien longitudinal light tepat pd midline, horisontal light tepat setinggi hyoid bone(dpt teraba di atas tyroid cartilago)
4. Kepala pasien diimobilisasi dgn pads dan straps.
5. Gunakan Pe gating bila diperlukan.



Gambar 10.1 Pemasangan coil

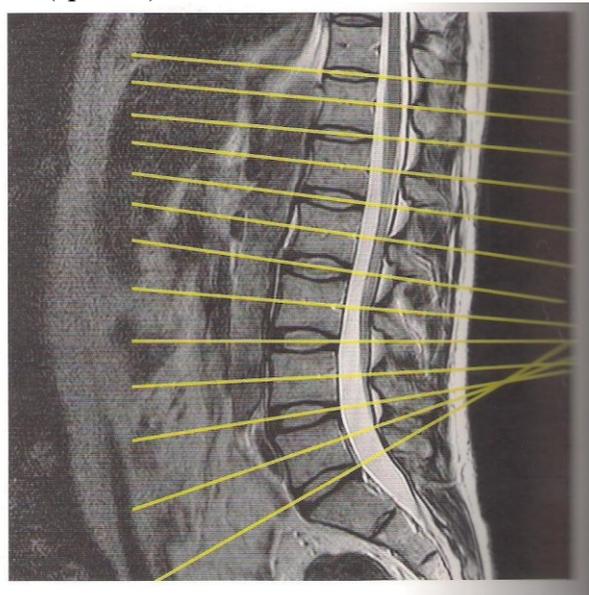
C. Protokol yang disarankan

1. Sagital/coronal SE/FSE T1 atau coherent GRE T2*
2. Sagital SE/FSE T1
3. Sagital SE/FSE T2 atau coherent GRE T2*
4. Axial /oblique SE/FSE T1/T2 atau coherent GRE T2*

Sequence tambahan

1. Sagital/axial oblique SE/FSE T1
2. Sagital SE/FSE T2 atau STIR
3. 3D coherent /incoherent(spoiled) GRE T2*/T1
4. Sagital SE/FSE atau fast incoherent (spoiled) GRE T1/PD

Figure 9.17 Sagittal FSE T2 weighted image of the lumbar spine showing axial/oblique slice prescription for arachnoiditis.



Gambar 10.2 Sagital scanning

BAB II (TUTORIAL)

A. DESKRIPSI TUTORIAL

Tutorial merupakan salah satu kegiatan pada strategi pembelajaran dengan metode PBL (*Problem Based Learning*). Proses pembelajaran pada metode ini berpusat pada mahasiswa (*Student Center Learning*). Mahasiswa menggunakan skenario sebagai trigger yang bertujuan antara lain memberikan bantuan mahasiswa simulasi berbagai situasi/kasus bermasalah yang autentik dan bermakna sehingga dapat berfungsi sebagai batu loncatan untuk melakukan analisis dan keterampilan menyelesaikan masalah. Selain itu juga membelajarkan mahasiswa berperilaku dan memiliki keterampilan sosial sesuai peran orang dewasa, meningkatkan kemampuan berkomunikasi dan bekerja dalam tim dan meningkatkan kemampuan mahasiswa belajar aktif mandiri

B. TATA TERTIB

1. Mahasiswa datang sesuai dengan jadwal yang ditentukan atau waktu yang telah disepakati
2. Datang 15 menit sebelum tutorial dimulai
3. Setiap mahasiswa wajib hadir/jumlah kehadiran 100%
4. Mahasiswa yang ijin karena sakit harus disertai surat keterangan sakit dari dokter
5. Bila berhalangan hadir harus disertai surat ijin
6. Dilarang melakukan aktivitas makan dan minum selama tutorial berlangsung
7. Saat tutorial, mahasiswa **dilarang** membuka buku, fotokopian, gadget, laptop dan sejenisnya kecuali pada *step 1*
8. Setiap skenario didampingi oleh tutor sebagai fasilitator
9. Pelaksanaan *step 7* dari *seven jump* diawali dengan mini kuis
10. Pembuatan laporan tutorial ditulis tangan (tidak boleh diketik) dan mengikuti format penulisan laporan tutorial
11. Laporan tutorial dikumpulkan ke tutor

C. SKENARIO

D. SEVEN JUMPS

STEP	HASIL DISKUSI
1: <i>Clarifying unfamiliar terms</i>	
2: <i>Problem definition</i>	
3: <i>Brainstorming</i>	
4: <i>Analyzing the problem</i>	

3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

E. PENULISAN LAPORAN TUTORIAL

Tutorial adalah salah satu cara pembelajaran dalam kelompok kecil yang bertujuan untuk lebih memahami dan menganalisis aspek-aspek dari materi pembelajaran secara mendalam. Untuk mengetahui tingkat pemahaman materi tersebut, mahasiswa diwajibkan membuat laporan tutorial. Laporan tutorial bagi mahasiswa jenjang D3 di lingkungan Program Studi Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta, ditulis tangan dalam Bahasa Indonesia baku yang baik dan benar, serta disusun dengan format penulisan sebagai berikut:

1. Sampul

Sampul memuat judul acara tutorial, logo Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta (logo berwarna), nama peserta tutorial dan nomor induk mahasiswa, kelas/kelompok, nama tutor, nama program studi dan instansi, serta tahun penyelesaian laporan tutorial.

2. Skenario

Skenario memuat kalimat skenario yang dibahas

3. Halaman isi

Halaman isi memuat pembahasan dari tiap tahapan *seven jumps*, jawaban atas pertanyaan analisis masalah yang muncul dari skenario. Bila diperlukan dapat pula dilengkapi dengan pembahasan dari pustaka.

Step 1 : Clarifying unfamiliar terms

Mengklarifikasi istilah atau konsep; istilah-istilah dalam skenario yang belum jelas atau yang menyebabkan banyak interpretasi ditulis dan diklarifikasi terlebih dahulu.

Step 2 : Problem definition

Masalah yang ada dalam skenario diidentifikasi dan dirumuskan dengan jelas (bisa dalam bentuk pertanyaan).

Step 3 : Brainstorming

Pada langkah ini setiap anggota kelompok melakukan

brainstorming mengemukakan penjelasan *tentative* terhadap permasalahan yang sudah dirumuskan di *step 2* dengan menggunakan *pre-existing knowledge*.

Step 4 : Analyzing the problem

Mahasiswa memberikan penjelasan secara sistematis terhadap jawaban pada *step 3*, bisa juga dengan saling menghubungkan antar konsep, klasifikasikan jawaban atas pertanyaan, menarik kesimpulan dari masalah yang sudah dianalisis pada *step 3*.

Step 5 : Formulating learning issues

Menetapkan tujuan belajar (*Learning Objective*); informasi yang dibutuhkan untuk menjawab permasalahan dirumuskan dan disusun secara sistematis sebagai tujuan belajar.

Step 6 : Self Study

Mengumpulkan informasi tambahan dengan belajar mandiri; kegiatan mengumpulkan informasi tambahan dilakukan dengan mengakses informasi dari internet, jurnal, perpustakaan, kuliah, dan konsultasi pakar.

Step 7 : Reporting

Mensintesis atau menguji informasi baru; mensintesis, mengevaluasi dan menguji informasi baru hasil belajar setiap anggota kelompok.

4. Daftar pustaka

Berisi pustaka acuan yang digunakan dalam penyusunan laporan praktikum. Pustaka diperoleh dari *textbook*, jurnal, maupun sumber ilmiah dari internet.

Format Laporan Tutorial (Cover)

**LAPORAN TUTORIAL
JUDUL MODUL**



**Nama peserta :
NIM :
Kelas/Kelompok :
Nama Tutor :**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK RADIODIAGNOSTIK DAN RADIOTERAPI
FAKULTAS ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS 'AISYIYAH YOGYAKARTA**

BAB III PRAKTIKUM

A. KELULUSAN:

Evaluasi dilakukan dengan alat rating scale. Ujian meliputi semua ketrampilan, dengan batas minimal lulus dengan nilai 70.

B. TATA TERTIB:

1. Mahasiswa datang sesuai dengan jadwal yang ditentukan atau waktu yang telah disepakati
2. Setiap mahasiswa wajib hadir/jumlah kehadiran 100%
3. Mahasiswa yang ijin karena sakit harus disertai surat keterangan sakit dari dokter
4. Bila berhalangan hadir harus disertai surat ijin
5. Dilarang melakukan aktivitas makan dan minum didalam laboratorium
6. Bagi mahasiswa yang merusak atau menghilangkan alat laboratorium diharuskan menggantinya, bila tidak akan diberi sanksi, sanksi paling berat tidak bisa lulus mata kuliah yang bersangkutan
7. Mahasiswa diharapkan sudah mempelajari dengan sungguh-sungguh pokok materi praktikum
8. Mahasiswa wajib membawa modul praktek
9. Mahasiswa membuat Tugas Pendahuluan sebelum praktikum dimulai

10. MATERI PEMBELAJARAN

Praktikum	Topik
1	Prinsip kerja MRI dan Komponen MRI
2	MRI Kepala
3	Citra MRI Kepala
4	MRI Sistem Persendian
5	Citra MRI Sistem Persendian
6	MRI Thorax
7	Citra MRI Thorax
8	MRI Abdomen
9	Citra MRI Abdomen
10	MRI Pelvis
11	Citra MRI Pelvis
12	MRI Sistem Musculuskeletal
13	Citra MRI Sistem Musculuskeletal
14	MRI Spine

15	Citra MRI Spine
16	MRI Angiografi
17	Citra MRI Angiografi
18	Kalibrasi harian dan Kalibrasi berkala
19	Kelebihan pemeriksaan MRI dan Kekurangan pencitraan MRI
20-21	Ujian Comprehensive (UKOM)

PRAKTIKUM KE-1

PRINSIP DASAR MRI DAN KOMPONEN MRI

1. Capaian pembelajaran
Mahasiswa mampu mengetahui prinsip MRI dan komponen MRI
2. *Standar Operating Procedure (SOP)*
 - a. Persiapan
 1. Mahasiswa mengisi/melengkapi lembar praktikum prinsip MRI dan komponen MRI yang masih kosong dengan menggunakan tulisan tangan
 2. Mahasiswa diharapkan sudah mempelajari dengan sungguh sungguh pokok materi praktikum prinsip MRI dan komponen MRI sebelum praktikum dimulai.
 - b. Pelaksanaan
 1. Mahasiswa mempersiapkan peralatan praktikum, yaitu:
 - a) Al Qur'an
 - b) Daftar Hadir
 2. Pengampu praktikum memimpin tadarus Al Qur'an sebanyak 5 ayat
 3. Pengampu praktikum menjelaskan gambaran singkat tentang prinsip MRI dan komponen MRI
 4. Pengampu praktikum membahas/mengoreksi bersama apa yang telah diisi oleh mahasiswa dan memberikan penjelasan atas hal hal yang belum dimengerti mahasiswa
 5. Pengampu praktikum memberikan simulasi tentang prinsip MRI dan komponen MRI
 6. Mahasiswa diminta melakukan simulasi prinsip MRI dan komponen MRI
 7. Setelah selesai praktikum, mahasiswa membuat laporan praktikum, dikumpul paling lambat seminggu setelah praktikum.

PRINSIP DASAR MRI DAN KOMPONEN MRI

1. Pengertian MRI

Magnetic Resonance Imaging (MRI) adalah suatu teknik penggambaran penampang tubuh berdasarkan prinsip resonansi magnetik inti atom hidrogen. Teknik penggambaran MRI relatif kompleks karena gambaran yang dihasilkan tergantung pada banyak parameter. Alat tersebut memiliki kemampuan membuat gambaran potongan coronal, sagital, aksial dan oblik tanpa banyak memanipulasi tubuh pasien. *Magnetic Resonance Imaging* yang disingkat dengan MRI adalah suatu alat diagnostik mutakhir untuk memeriksa dan mendeteksi tubuh dengan menggunakan medan magnet dan gelombang frekuensi radio, tanpa operasi, penggunaan sinar X ataupun bahan radioaktif. Hasil pemeriksaan MRI adalah berupa rekaman gambar potongan penampang tubuh/organ manusia dengan menggunakan medan magnet berkekuatan antara 0,064 – 1,5 tesla (1 tesla = 1000 Gauss) dan resonansi getaran terhadap inti atom hidrogen.

2. Tujuan Pemeriksaan MRI

Pemeriksaan MRI bertujuan mengetahui karakteristik morfologik (lokasi, ukuran, bentuk, perluasan dan lain-lain dari keadaan patologis. Tujuan tersebut dapat diperoleh dengan menilai salah satu atau kombinasi gambar penampang tubuh aksial, sagittal, koronal atau oblik tergantung pada letak organ dan kemungkinan patologinya. Adapun jenis pemeriksaan MRI sesuai dengan organ yang akan dilihat, misalnya :

1. Pemeriksaan kepala untuk melihat kelainan pada: kelenjar pituitary, lobang telinga dalam, rongga mata, sinus.
2. Pemeriksaan otak untuk mendeteksi : stroke / infark, gambaran fungsi otak, pendarahan, infeksi; tumor, kelainan bawaan, kelainan pembuluh darah seperti aneurisma, angioma, proses degenerasi, atrofi.
3. Pemeriksaan tulang belakang untuk melihat proses Degenerasi (HNP), tumor, infeksi, trauma, kelainan bawaan.
4. Pemeriksaan *Musculo-skeletal* untuk organ : lutut, bahu , siku, pergelangan tangan, pergelangan kaki , kaki , untuk mendeteksi robekan tulang rawan, tendon, ligamen, tumor, infeksi/abses dan lain lain.
5. Pemeriksaan Abdomen untuk melihat hati , ginjal, kantong dan saluran empedu, pankreas, limpa, organ ginekologis, prostat, buli-buli.
6. Pemeriksaan Thorax untuk melihat : paru –paru, jantung.

3. Tipe MRI

MRI bila ditinjau dari tipenya terdiri dari :

- a. MRI yang memiliki kerangka terbuka (*open gantry*) dengan ruang yang luas
- b. MRI yang memiliki kerangka (*gantry*) biasa yang berlorong sempit.

Sedangkan bila ditinjau dari kekuatan magnetnya terdiri dari :

- a. MRI Tesla tinggi (*High Field Tesla*) memiliki kekuatan di atas 1 – 1,5 T
- b. MRI Tesla sedang (*Medium Field Tesla*) memiliki kekuatan 0,5 – T
- c. MRI Tesla rendah (*Low Field Tesla*) memiliki kekuatan di bawah 0,5 T.

Sebaiknya suatu rumah sakit memilih MRI yang memiliki tesla tinggi

4. Kelebihan MRI

1. MRI lebih unggul untuk mendeteksi beberapa kelainan pada jaringan lunak seperti otak, sumsum tulang serta muskuloskeletal.
2. Mampu memberi gambaran detail anatomi dengan lebih jelas.
3. Mampu melakukan pemeriksaan fungsional seperti pemeriksaan difusi, perfusi dan spektroskopi yang tidak dapat dilakukan dengan CT Scan.
4. Mampu membuat gambaran potongan melintang, tegak, dan miring tanpa merubah posisi pasien.
5. MRI tidak menggunakan radiasi pengion.

5. Prinsip Dasar MRI

- a. MR Active Nucleiprinsip yang mendasari MRI adalah gerakan spin darinucleus aktif MR yaitu inti-inti atom spesifik dalam tubuh manusiayang memiliki nomor massa ganjil (baik jumlah proton maupunneutronnya yang ganjil).
- b. Presesi adalah Tiap-tiap inti hidrogen membentuk NMV spin pada sumbu . Satuanfrekuensinya MHz, dimana 1 Hz= 1 putaran per detik.Kecepatan atau frekuensi presesi proton atom hidrogentergantung pada kuat medan magnetik yang diberikan

padajaringan. Semakin kuat medan semakin cepat presesi proton dan frekuensi presesi yang tergantung pada kuat medan magnetik

c. Resonansi adalah fenomena yang terjadi apabila sebuah obyek diberikan pulsa yang mempunyai frekuensi sesuai dengan frekuensi Larmor.

d. MR Signal adalah sebagai akibat resonansi NMV yang mengalami inphase pada bidang transversal.

e. Sinyal FID adalah saat mengalami relaksasi, NMV akan mengeluarkan energi dalam bentuk sinyal. Ekspansi pulsa 90° RF menghasilkan sinyal yang dikenal dengan nama peluruhan induksi bebas (*Free Induction Decay* = FID)

d. Relaksasi NMV membuang seluruh energinya yang diserap. Relaksasi menghasilkan recovery magnetisasi longitudinal dan decay dari magnetisasi transversal.

e. T1 Recovery disebabkan oleh inti-inti atom yang memberikan energinya pada lingkungan sekitarnya atau lattice, dan disebut spin lattice relaksasi. Energi yang dibebaskan pada sekeliling lattice menyebabkan inti-inti atom untuk recovery ke magnetisasi longitudinal.

f. T2 Decay disebabkan oleh pertukaran energi inti atom dengan atom yang lain. Pertukaran energi ini disebabkan oleh medan magnet dari tiap-tiap inti atom berinteraksi dengan inti atom lain.

6. Pembentukan citra pada MRI

Dibentuk melalui proses pengolahan sinyal yang keluar dari obyek. Sinyal baru bisa diukur bila arah vektornya diputar dari sumbu z (M_z) menuju sumbu xy (M_{xy}).

a. Pulsa RF (Radio Frequency) Pulsa RF merupakan gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi antar 30-120 MHz

b. Waktu Relaksasi Longitudinal (T1) Relaksasi longitudinal disebut juga dengan relaksasi spin-kisi. Waktu relaksasi longitudinal menghasilkan pembobotan T1 yaitu citra yang kontrasnya tergantung pada perbedaan T1 *time*.

c. Waktu Relaksasi Transversal (T2) Waktu yang dibutuhkan komponen magnetisasi transversal (M_{xy}) untuk meluruh hingga 37% dari nilai awalnya dinamakan waktu relaksasi transversal atau T2

7. Kualitas Citra MRI

a. Signal To Noise Ratio (SNR)

SNR adalah perbandingan antara besarnya signal amplitudo dengan besarnya noise dalam gambar MRI. Noise dapat disebabkan oleh sistem komponen MRI dan dari pasien. Semakin besar signal maka akan semakin meningkatkan SNR. SNR dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu

- ✓ Densitas Proton yang rendah menghasilkan signal yang rendah sehingga SNR yang dihasilkan juga rendah.
- ✓ *Voxel* Volume berbanding lurus dengan SNR, semakin besar *voxel* volume maka semakin besar SNR yang dihasilkan.
- ✓ TR, TE, *Flip Angle* pada pulse sequence *spin echo*, SNR yang dihasilkan akan lebih baik karena menggunakan *flip angle* 90 derajat sehingga magnetisasi longitudinal menjadi magnetisasi transversal dibandingkan dengan *gradient echo* yang *flip angle*nya kurang dari 90 derajat. *Flip angle* berpengaruh terhadap jumlah magnetisasi transversal.
- ✓ NEX (*Number of excitation*) merupakan angka yang menunjukkan berapa kali data disampling.
- ✓ *Receive bandwidth* adalah rentang frekuensi yang terjadi pada sampling data pada obyek yang di scan.
- ✓ Koil pada prinsipnya semakin dekat koil dengan organ maka SNR yang dihasilkan semakin tinggi.

b. *Contrast To Noise Ratio* (CNR) adalah perbedaan SNR antara organ yang saling berdekatan. CNR yang baik dapat menunjukkan perbedaan daerah yang patologis dengan daerah yang sehat

c. *Spatial Resolution* adalah kemampuan untuk membedakan antara dua titik secara terpisah dan jelas. *Spatial resolution* dapat ditingkatkan dengan:

- Irisan yang tipis
- Matrik yang halus atau kecil.
- FOV kecil
- Menggunakan rectangular FOV bila memungkinkan

d. *Scan time* adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan akuisisi data.

8. Komponen MRI

a. Magnet Utama

Magnet utama dipakai untuk membangkitkan medan magnet berkekuatan besar yang mampu menginduksi jaringan tubuh sehingga menimbulkan magnetisasi.

Beberapa jenis magnet utama, antara lain :

1. Magnet Permanen

Magnet permanen terbuat dari beberapa lapis batang keramik ferromagnetik dan memiliki kuat medan magnet maksimal 0,3 Tesla.

2. Magnet Resistif

Medan magnet dari jenis resistif dibangkitkan dengan memberikan arus listrik pada kumparan. Kuat medan magnet yang mampu dihasilkan mencapai 0,3 Tesla.

3. Magnet Super Conductor

Magnet ini mampu menghasilkan medan magnet hingga berkekuatan 0,5 Tesla-3.0 Tesla.

b. Gradien Koil

Koil gradien dipakai untuk membangkitkan medan magnet gradien yang berfungsi untuk menentukan irisan, pengkodean frekuensi, dan pengkodean fase. Terdapat tiga medan yang saling tegak lurus, yaitu bidang x, y, dan z. Peranannya akan saling bergantian berkaitan dengan potongan yang dipilih yaitu aksial, sagital atau coronal. Gradien ini digunakan untuk memvariasikan medan pada pusat magnet yang terdapat tiga medan yang saling tegak lurus antara ketiganya (x, y, z).

Kumparan gradien dibagi 3, yaitu :

a) Kumparan gradien pemilihan irisan (slice) – Gz

b) Kumparan gradien pemilihan fase encoding - Gy

c) Kumparan gradien pemilihan frekuensi encoding – Gx

c. Radio Frekuensi

Koil radio frekuensi (RF Coil) terdiri dari 2 yaitu koil pemancar dan koil penerima. Koil pemancar berfungsi untuk memancarkan gelombang radio pada inti yang terlokalisasi sehingga terjadi eksitasi, sedangkan koil penerima berfungsi untuk menerima sinyal output setelah proses eksitasi terjadi. Koil RF dirancang untuk sedekat mungkin dengan obyek agar sinyal yang diterima memiliki amplitudo besar.

Beberapa jenis koil RF diantaranya :

a) Koil Volume (Volume Coil)

b) Koil Permukaan (Surface Coil)

c) Koil Linier

d) Koil Kuadrat

e) Phase Array Coil

d. Komputer

Sistem komputer bertugas sebagai pengendali diri dari sebagian besar peralatan MRI. Dengan kemampuan piranti lunak yang besar komputer mampu melakukan tugas-tugas multi (*multitasking*), diantaranya adalah operator *input*, pemilihan *slice*, kontrol sistem gradien, kontrol sinyal RF dan

lain-lain. Komputer juga berfungsi untuk mengolah sinyal hingga menjadi citra MRI yang dapat dilihat pada layar monitor, disimpan ke dalam piringan magnetik, atau bisa langsung dicetak.

PRAKTIKUM KE-2

TEKNIK RADIOGRAFI MRI BRAIN

1. Capaian pembelajaran
 - a. Mahasiswa mampu mengidentifikasi indikasi pemeriksaan MRI Kepala
 - b. Mahasiswa mampu memberikan penjelasan kepada pasien tentang persiapan sebelum pemeriksaan MRI Kepala
 - c. Mahasiswa mampu mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan sebelum pemeriksaan MRI Kepala
 - d. Mahasiswa mampu melakukan teknik pemeriksaan radiologi MRI Kepala
2. Standar Operating Prosedure (SOP)
 - a. Persiapan Mahasiswa diharapkan sudah mempelajari dengan sungguh sungguh pokok materi praktikum Teknik radiografi Kepala sebelum praktikum dimulai.
 - b. Pelaksanaan
 1. Mahasiswa mempersiapkan peralatan praktikum, yaitu:
 - a. LCD
 - b. AL Quran
 - c. Alat tulis
 2. Mahasiswa memakai jas labolatorium
 3. Mahasiswa membaca doa sebelum memulai praktikum
 4. Dosen pengampu menjelaskan materi tentang Teknik radiografi MRI Kepala
 5. Mahasiswa mencatat dan memahami materi yang di jelaskan.

TEKNIK PEMERIKSAAN MRI BRAIN

Magnetic Resonance Imaging (MRI) adalah suatu alat diagnostik mutakhir untuk memeriksa dan mendeteksi tubuh dengan menggunakan medan magnet yang besar dan gelombang frekuensi radio, tanpa operasi, penggunaan sinar X, ataupun bahan radioaktif, yang menghasilkan rekaman gambar potongan penampang tubuh atau organ manusia dengan menggunakan medan magnet berkekuatan antara 0,064 – 1,5 tesla (1 tesla = 10000 Gauss) dan resonansi getaran terhadap inti atom hidrogen. Merupakan metode rutin yang dipakai dalam diagnosis medis karena hasilnya yang sangat akurat.

1. Indikasi

- Trauma
- Haemorrhage
- Lesi Pituitary
- Cerebral Tumor
- Dementia
- Malformasi Vaskuler
- Akustik Neoroma dan Tumor syaraf Kranial

2. Persiapan Pasien

- Pasien ganti baju dan melengkapi check list yg disediakan
- Pasien supine pada meja pemeriksaan dan meletakkan kepala di dalam coil
- Emergency Buzzer diberikan kepada pasien dan dijelaskan kapan harus digunakan
- Pasien dipasangkan alat penutup telinga
- Cek Head Aligment dan posisi kepal di dalam coil
- Pasien di masukkan ke dalam bore magnet dengan daerah kepala berada pada isosenter
- Pastikan pasien merasa nyaman dan aman

3. Teknik Pemeriksaan

- ❖ Posisi Pasien
 - Posisi pasien supine
 - Kedua tangan disamping tubuh
 - Kepala terlebih dahulu masuk gantry
 - Atur titik bidik pada MSP tubuh setinggi glabella



4. Sekuens dan Parameter MRI Kepala

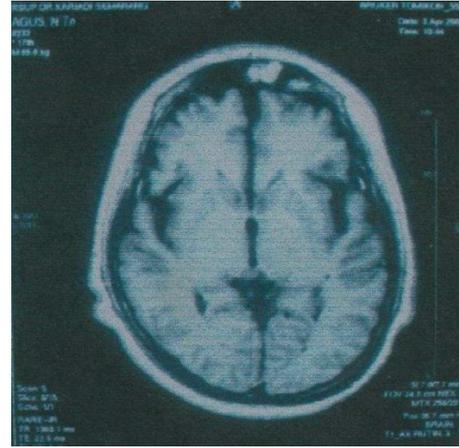
Sequence	Parameters
Conventional MRI	
Pre- and post-gadolinium	0.1 ml/Kg Gadobutrolo (Gadovist, Bayer Schering Pharma, Berlin, Germany)
3D TFE T1-weighted sequence	Sagittal, TR 7.6 ms, TE 3.7 ms, slice thickness 1mm and matrix 256x256.
TSE T2-weighted sequences	3 mm axial and coronal, TR 3000 ms, TE 80 ms and matrix 300x256.
FLAIR	3 mm axial, TR 11000 ms, TE 125 ms, TI 2800 ms, and matrix 320x200.
T2*-weighted FFE	3 mm axial, TR 1039 ms, TE 16 ms, and matrix 256x197.
Advanced MRI	
DWI	A single-shot EPI sequence. A total of 28 slices (4 mm) were obtained (TR 3700 ms, TE 67 ms, matrix 128x128, and b values 0-1000 mm ² s ⁻¹).
DTI	A single-shot SE-EPI sequence (TR 6245 ms, TE 60 ms, matrix 128 × 128, b values 0-800 mm ² s ⁻¹ , and 15 diffusion sensitive directions).
MRS	2D spectra were obtained using a multivoxel point-resolved spectroscopic sequence (PRESS) (TR 1700 ms and TE 144 ms).

- **Pembobotan T1 Potongan Sagital dan Axial**

Pembobotan T1 dilakukan untuk menunjukkan struktur anatomi. TR, TE yang dipergunakan adalah pendek dengan metode pencitraan spin echo. Pada pembobotan T1 menggunakan nilai TR dan TE yang pendek yaitu TR kurang dari 1000 msec dan TE kurang dari 30 msec, untuk menunjukkan struktur anatomi dari jaringan yang didiagnosa. TR yang pendek akan memak simalkan perbedaan magnetisasi longitudinal selama kembali kekeadaan kesetimbangan atau equilibrium.



(a) Potongan Sagital



(b) Potongan Axial

- **Pembobotan T2 potongan axial dan potongan coronal**

Pembobotan T2 dengan potongan axial dan potongan coronal adalah pembobotan untuk menunjukkan kelainan patologi.



Potongan Axial

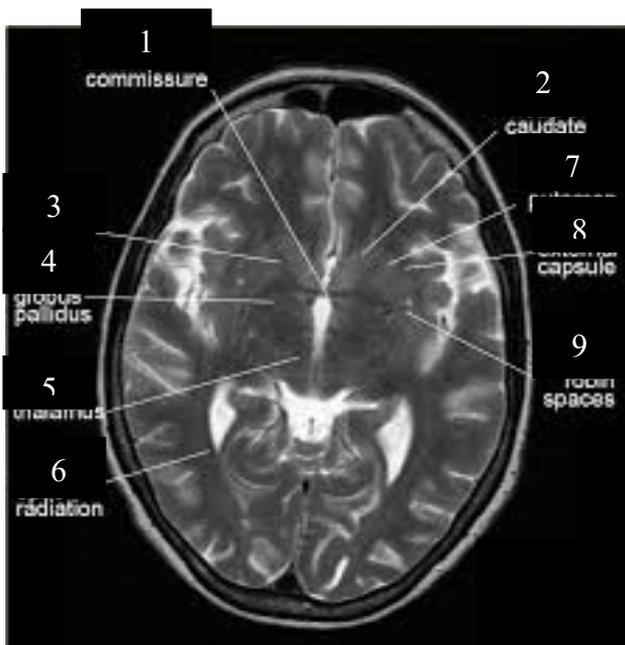


(b) Potongan Coronal

CITRA MRI BRAIN

1. **Capaian Pembelajaran**
Mampu mengidentifikasi anatomi radiologi pada pemeriksaan IVP
2. **Standar Operating Prosedure (SOP)**
 - a) **Persiapan**
 - Mahasiswa mengisi/melengkapi lembar praktikum Anatomi Radiologi pada pemeriksaan MRI BRAIN yang masih kosong dengan menggunakan tulisan tangan
 - Bagian bagian yang sudah diisi dihafal dan dipahami
 - Mahasiswa diharapkan sudah mempelajari dengan sungguh sungguh pokok materi praktikum Anatomi Radiologi pada pemeriksaan Mri Brain sebelum praktikum dimulai.
 - b) **Pelaksanaan**
 - 1) Mahasiswa mempersiapkan peralatan praktikum, yaitu:
 - a) Radiograf
 - b) Alat tulis
 - c) x-ray viewer
 - d) AL Quran
 - e) Daftar Hadir
 - 2) Pengampu Praktikum memimpin tadarus Al-Qur'an sebanyak 5 ayat
 - 3) Pengampu Praktikum menjelaskan gambaran singkat tentang Anatomi Radiografi MRI BRAIN
 - 4) Pengampu praktikum membahas/ mengoreksi bersama apa yang telah diisi oleh mahasiswa dan memberikan penjelasan atas hal hal yang belum dimengerti mahasiswa
 - 5) Pengampu Praktikum menunjuk setiap Mahasiswa untuk menunjukan bagian bagian pada anatomi radiologi MRI BRAIN
 - 6) Pengampu Praktikum memberikan penilaian kepada mahasiswa.

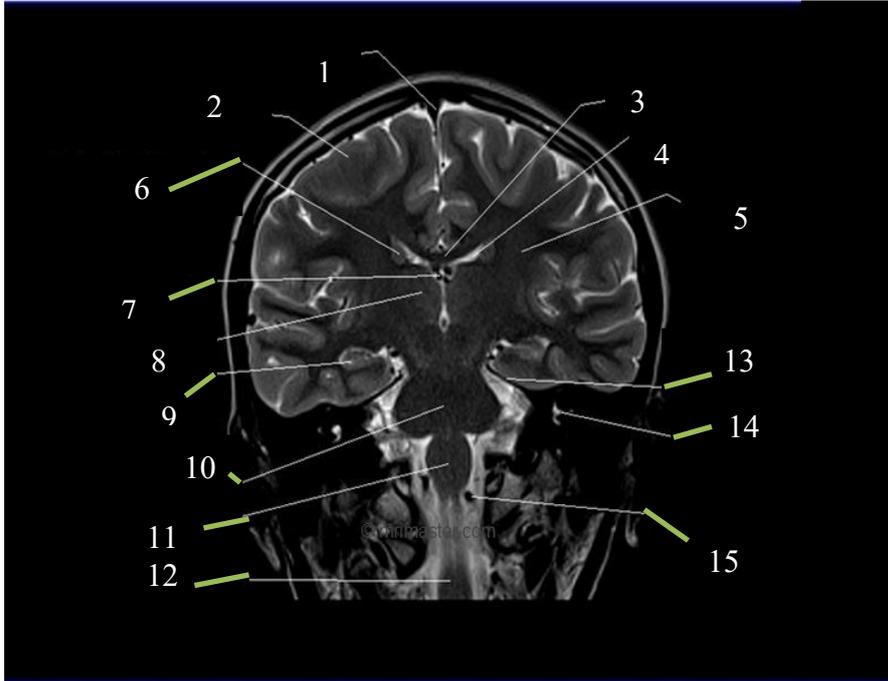
a. Potongan Axial



Keterangan :

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)
- 6)
- 7)
- 8)
- 9)

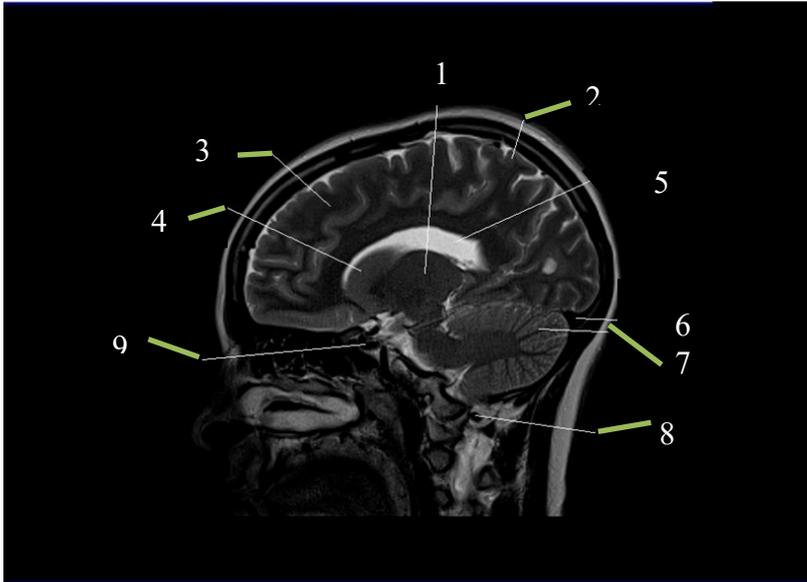
b. Potongan Coronal



Keterangan :

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)
- 6)
- 7)
- 8)
- 9)
- 10)
- 11)
- 12)
- 13)
- 14)
- 15)

c. Potongan saggital



Keterangan :

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)
- 6)
- 7)
- 8)
- 9)

**PROSEDUR PEMERIKSAAN MRI
PADA SISTEM PERSENDIAN**

1. Capaian Pembelajaran
 - a). Mahasiswa mampu mengidentifikasi pemeriksaan MRI Sistem Persendian
 - b). Mahasiswa mampu menjelaskan kepada pasien tentang persiapan sebelum pemeriksaan MRI Sistem Persendian
 - c). Mahasiswa mampu memahami prosedur pemeriksaan MRI Sistem Persendian
2. *Standar Operating Procedure (SOP)*
 - a). Persiapan
 1. Mahasiswa mengisi / melengkapi lembar praktikum MRI Sistem Persendian yang masih kosong dengan menggunakan tulisan tangan
 2. Mahasiswa diharapkan sudah mempelajari dengan sungguh sungguh pokok materi praktikum MRI Sistem Persendian sebelum praktikum dimulai.
 3. Satu minggu sebelum praktikum, mahasiswa harus mempersiapkan tugas pendahuluan (TP) praktikum yang berisi materi yang akan dibahas ketika praktikum selanjutnya
 - b) Pelaksanaan
 1. Mahasiswa mempersiapkan peralatan praktikum, yaitu :
 - a). Komputer dan proyektor
 - b). Alat tulis
 - c). Al-Qur'an
 - d). Daftar hadir
 2. Pengampu Praktikum memimpin tadarus Al-Qur'an sebanyak 5 ayat
 3. Pengampu Praktikum menjelaskan gambaran singkat tentang Prosedur Pemeriksaan MRI Sistem Persendian
 4. Pengampu praktikum membahas / mengoreksi bersama apa yang telah diisi oleh mahasiswa dan memberikan penjelasan atas hal hal yang belum dimengerti mahasiswa.

PROSEDUR PEMERIKSAAN MRI SISTEM PERSENDIAN (Sendi Bahu dan Sendi Lutut)

A. Indikasi Pemeriksaan

1.
2.
3.

B. Kontra indikasi Pemeriksaan

1.
2.
3.

C. Prosedur Pemeriksaan

1. Prosedur Umum

- a). Pasien dengan tindakan anestesi (biasanya pada pasien pediatric dan pasien yang gelisah) : pemeriksaan laboratorium darah, batas ideal GCS (Glasgow Coma Scale) >8, puasa untuk anak-anak 4 jam sebelum pemeriksaan dan dewasa 6 jam sebelum pemeriksaan.
- b). Untuk pasien yang menderita DM: apabila akan dilakukan MRI kontras, harus menghentikan konsumsi obat gula yang mengandung metformin 2 hari sebelum dan 1 hari setelah pemeriksaan.

- c). Batas maksimal nilai creatinine yang boleh dilakukan pemeriksaan MRI kontras adalah 2,0.
 - d). Pasien / keluarga harus menandatangani inform concernt terlebih dahulu
 - e). Melepaskan aksesoris dari logam atau yg terbuat dari bahan ferromagnetik seperti jepitan rambut perhiasan, arloji, gigi palsu , Hp dan bahan-bahan yang bersifat magnetik.
 - f). Di beri ear plug / penutup telinga untuk mengurangi kebisingan
2. Prosedur Khusus
- a). Pada otak (brain) : Pengklasifikasian astrocytoma ke dalam HG atau LG
 - b). Pada Medulla Spinallis : Penambahan sekuens STIR sagittal untuk melihat ada / tidaknya uedema dan Sagital GRE untuk melihat ada tidaknya perdarahan
 - c). Pada kasus Nervus : Penambahan sekuens 3D FIESTA-C (Pada GE) atau 3D CISS (Siemen) mampu menghasilkan rasio spatial yang tinggi dan jelas untuk menggambarkan saraf intra cranial yang kecil dan bisa direkonstruksi sagittal oblik sesuai arah nervus.
- D. Teknik Pemeriksaan
- 1. Jenis Coil : tergantung organ yang diperiksa
 - a). GP FLEX untuk persendian atas seperti Wrist, elbow dan MRI Manu.
 - b). QUAD Coil persendian bawah seperti untuk MRI Genu, Ankle dan Pedis
 - c). US Shoulder Coil untuk MRI Shoulder
 - 2. Posisi Pasien
 - a). Sendi atas :
 - b). Sendi Bawah :

CITRA MRI SISTEM PERSENDIAN

1. Capaian Pembelajaran

Mampu mengidentifikasi anatomi citra MRI pada sendi

2. Standar Operating Prosedure (SOP)

a) Persiapan

- 1) Mahasiswa mengisi/melengkapi lembar praktikum Anatomi Radiologi pada pemeriksaan MRI yang masih kosong dengan menggunakan tulisan tangan
- 2) Bagian-bagian yang sudah diisi dihafal dan dipahami
- 3) Mahasiswa diharapkan sudah mempelajari dengan sungguh sungguh pokok materi praktikum Anatomi Radiologi pada pemeriksaan MRI sebelum praktikum dimulai.

b) Pelaksanaa

1. Mahasiswa mempersiapkan peralatan praktikum, yaitu:

- a) Radiograf
- b) Alat tulis
- c) x-ray viewer
- d) AL Quran
- e) Daftar Hadir

2. Pengampu Praktikum memimpin tadarus Al-Qur'an sebanyak 5 ayat

3. Pengampu Praktikum menjelaskan gambaran singkat tentang Anatomi citra mri sendi

4. Pengampu praktikum membahas/ mengoreksi bersama apa yang telah diisi oleh mahasiswa dan memberikan penjelasan atas hal hal yang belum dimengerti mahasiswa

5. Pengampu Praktikum menunjuk setiap Mahasiswa untuk menunjukan bagian bagian pada citra mri sendi

6. Pengampu Praktikum memberikan penilaian kepada mahasiswa.

CITRA MRI SISTEM PERSENDIAN

1. Tujuan

Menilai kelainan pada ligament-ligament, tulang extremitas atau persendian seperti fraktur, dislokasi, tumor, dan infeksi

2. Teknik

Pasien supine, feet first, kecuali MRI Shoulder Head First.

3. Coil

Tergantung organ yang diperiksa.

- GP FLEX untuk persendian atas seperti Wrist, elbow, dan MRI manus.
 - QUAD Coil untuk MRI Genu, Ankle dan pedis.
 - Abdomen Coil untuk MRI tulang-tulang panjang seperti femur, cruris, antebrachi, humerus, dan fleksus brachialis.
 - US Shoulder coil untuk MRI shoulder.
4. Pemilihan Sekuens
- Axial T1, PD, PD FS
 - Sagital PD, PD FS (untuk persendian)/ STIR (untuk tulang-tulang panjang), GRE
 - Coronal T2, PD, PD FS (untuk sendi)/ STIR (untuk tulang-tulang panjang)
 - Post kontras : Axial T1, Sagital T1, Coronal T1 + Contras.

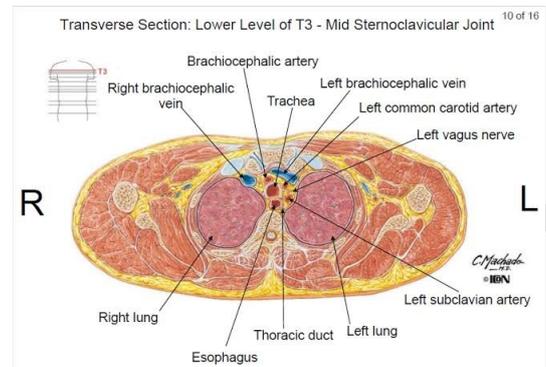
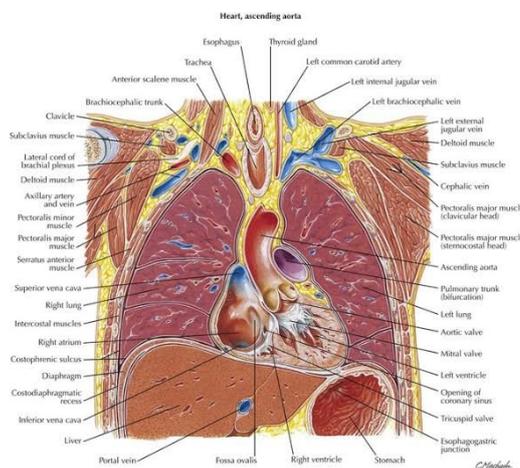
PRAKTIKUM KE-6

TEKNIK RADIOGRAFI MRI THORAX

1. Capaian pembelajaran
 - d) Mahasiswa mampu mengidentifikasi indikasi pemeriksaan MRI Thorax
 - e) Mahasiswa mampu memberikan penjelasan kepada pasien tentang persiapan sebelum pemeriksaan MRI Thorax
 - f) Mahasiswa mampu mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan sebelum pemeriksaan MRI Thorax
 - g) Mahasiswa mampu melakukan teknik pemeriksaan radiologi MRI Thorax
2. Standar Operating Prosedure (SOP)
 - a. Persiapan Mahasiswa diharapkan sudah mempelajari dengan sungguh sungguh pokok materi praktikum Teknik radiografi Thorax sebelum praktikum dimulai.
 - b. Pelaksanaan
 7. Mahasiswa mempersiapkan peralatan praktikum, yaitu:
 1. LCD
 2. AL Quran
 3. Alat tulis
 8. Mahasiswa memakai jas labolatorium
 9. Mahasiswa membaca doa sebelum memulai praktikum
 10. Dosen pengampu menjelaskan materi tentang Teknik radiografi MRI Thorax
 11. Mahasiswa mencatat dan memahami materi yang di jelaskan.

TEKNIK PEMERIKSAAN MRI THORAX

Magnetic Resonance Imaging (MRI) adalah suatu alat diagnostik mutakhir untuk memeriksa dan mendeteksi tubuh dengan menggunakan medan magnet yang besar dan gelombang frekuensi radio, tanpa operasi, penggunaan sinar X, ataupun bahan radioaktif, yang menghasilkan rekaman gambar potongan penampang tubuh atau organ manusia dengan menggunakan medan magnet berkekuatan antara 0,064 – 1,5 tesla (1 tesla = 10000 Gauss) dan resonansi getaran terhadap inti atom hidrogen. Merupakan metode rutin yang dipakai dalam diagnosis medis karena hasilnya yang sangat akurat.



b. Indikasi

- Trauma
- Lung cancer staging
- Sarcoma
- Osteochondroma
- Hemangioma
- Menampilkan kelenjar getah bening dan pembuluh darah
- Infections tinding dada dan dada

c. Persiapan Pasien

- Pasien dengan kondisi normal, dipersilahkan untuk ke doilet sebelum pemeriksaan.
- Terangkan prosedur pemeriksaan kepada pasien
- Aksesoris pasien berupa logam dilpas seperti anting-anting penjepit rambut, kalung, jam dan lain sebagainya
- Pasien dipersilahkan ganti baju pasien yang disediakan
- Pasien dilatih untuk bisa tahan napas sesuai aba-aba
- Sebelumnya pasien harus puasa minimal 2 jam

d. Teknik Pemeriksaan

❖ Posisi Pasien

- Posisi pasien supine
- Kedua lengan rileks diatas kepala
- Kepala terlebih dahulu masuk gantry
- Atur daerah thorax masuk dalam coil
- Atur titik bidik pada pertengahan thorax atau pada xupoid
- Posisi pasien, pegangan ECG dan pemasangan trigger dapat dilihat pada gambar



e. Sekuens dan Parameter MRI Thorax

Sekuens	Komentar	Arah potongan
3 Bidang Localizer	5 irisan pada masing-masing bidang	
Coronal T2 RTR (SSFSE atau FRFSE)	Tentukan respiratory trigger (RTR) aktif. Irisan dibuat dari axial dan coronal.	A-P
Axial T2 RTR (FRFSE atau RESTORE)	Tentukan RTR aktif. Irisan dibuat dari sagital dan coronal . S.d.a.	S-I
AXIAL T1 dual echo (out-in phase)	Dibuat saat tahan napas lebih baik.	
Axial 3D LAVA- 3D VIBE	Sekuen 3D spoiled gradien echo dan fat saturation (sangat baik dalam kondisi tahan napas sempurna)	
Post Kontras	Jika Diperlukan	
Axial LAVA-LIVE	Sama dengan axial 3D LAVA- 3D VIBE dengan 3 fase.	S-I

PARAMETER MRI THORAX

	T2	T2	T1 BB	STIR BB	Dual	LAVA	LAVA
BIDANG	coronal	axial	axial	axial	axia	axial	Coronal

JENIS SEKUEN	SSFSE	FRSE	FSE	FSE-IR	SPGR	SPGR	SPGR
TE	90	90	42	42	Dual	Min	Min
TR	Min	Auto	Auto	Auto	165	Auto	Auto
ETL		15					
BW	83,33	41,67	62,5	62,5	62,5	83,33	62,5
Tebal Irisan	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	6,0
Spasi Irisan	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	-4,0	-3,0
FOV	44	40	40	40	40	40	42
Matrix	384 x 320	288 x 224	352 x 224	320 x 320	320 x 320	288 x 256	320 x 240
NEX/NSA	1	4	1	1	1	1	1
Arah Frekuensi	S-I	R-L	R-L	R-L	R-L	R-L	S-I
Ganting/FA	BH	RTR	BH	BH	BH/80	BH/10	BH
Parallel Imaging	ON						

3. T1 VIBE 3D AXIAL 4MM

Irisan axial dengan lokalizer gambaran TI Coronal, posisikan blok di dada seperti yang ditunjukkan. Periksa posisi di dua pesawat lainnya. Irisan harus menutupi seluruh dada mulai dari leher tengah hingga sudut costophrenic (CPA) Instruksikan pasien untuk menahan napas selama pengambilan gambar. Teknik akuisisi paralel (IPAT SENSE) dapat digunakan untuk mengurangi waktu pemindaian. Menambahkan pita saturasi di bagian atas dan bawah blok aksial akan membantu mengurangi denyut arteri dan artefak pernapasan.



4. T2 Tse Napas Menahan Koronal 6mm

Rencanakan irisan koronal pada localizer aksial; posisikan blok di dada seperti yang ditunjukkan. Periksa di dua pesawat lainnya. Irisan harus cukup untuk menutupi seluruh dada dari dinding dada anterior ke dinding dada posterior. Arah fase harus dari kanan ke kiri untuk mengurangi artefak dari jantung. Oversampling fase harus digunakan untuk menghindari membungkus artefak. Instruksikan pasien untuk menahan napas selama pengambilan gambar. (Di departemen kami, kami

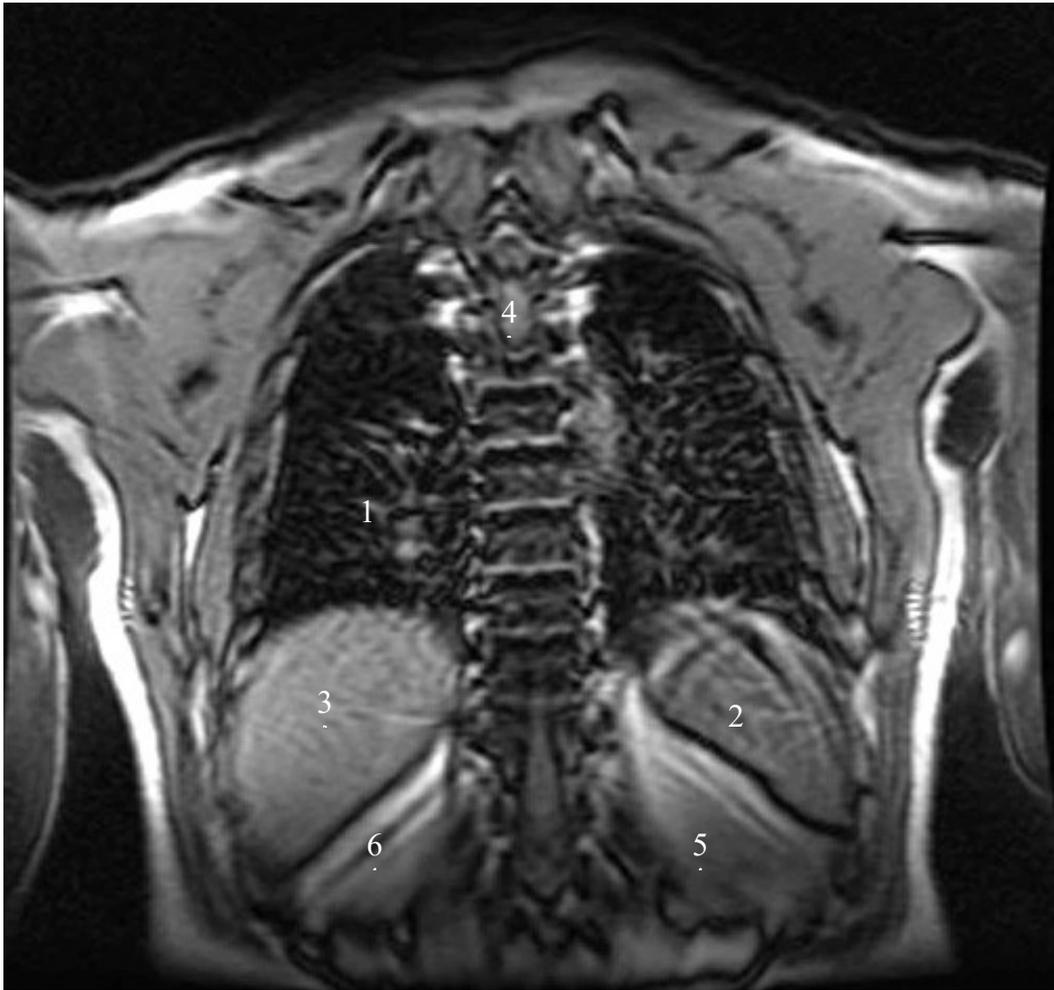


menginstruksikan pasien untuk bernapas masuk dan keluar dua kali sebelum instruksi "bernapas dan tahan").

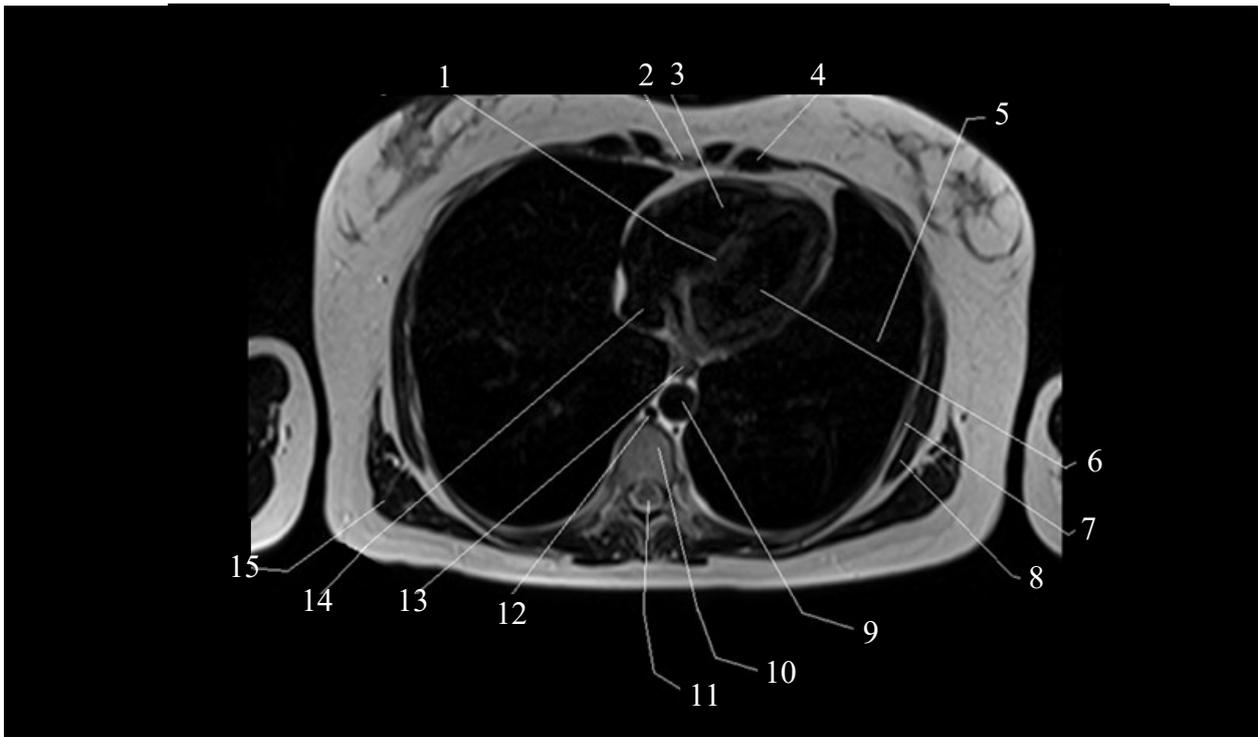
PRAKTIKUM KE-7

CITRA MRI THORAX

1. Capaian Pembelajaran Mampu mengidentifikasi citra MRI pada pemeriksaan THORAX
2. *Standar Operating Procedure (SOP)*
 - a) Persiapan
 1. Mahasiswa mengisi/melengkapi lembar praktikum citra MRI pada pemeriksaan THORAX yang masih kosong dengan menggunakan tulisan tangan
 2. Bagian bagian yang sudah diisi dihafal dan dipahami
 3. Mahasiswa diharapkan sudah mempelajari dengan sungguh sungguh pokok materi praktikum citra MRI pada pemeriksaan Thorax sebelum praktikum dimulai.
 - b) Pelaksanaan
 1. Mahasiswa mempersiapkan peralatan praktikum, yaitu:
 - a) Radiograf
 - b) Alat tulis
 - c) x-ray viewer
 - d) AL Quran
 - e) Daftar Hadir
 2. Pengampu Praktikum memimpin tadarus Al-Qur'an sebanyak 5 ayat
 3. Pengampu Praktikum menjelaskan gambaran singkat tentang citra MRI Thorax
 4. Pengampu praktikum membahas/ mengoreksi bersama apa yang telah diisi oleh mahasiswa dan memberikan penjelasan atas hal hal yang belum dimengerti mahasiswa
 5. Pengampu Praktikum menunjuk setiap Mahasiswa untuk menunjukan bagian bagian pada citra MRI Thorax
 6. Pengampu Praktikum memberikan penilaian kepada mahasiswa



- Keterangan :
- 1).....
 - 2)
 - 3)
 - 4)
 - 5)
 - 6).....



Keterangan :

1).....

2)

3)

4)

5)

6).....

Keterangan :

7).....

8)

9)

10)

11)

12).....

PRAKTIKUM KE-8

MRI ABDOMEN

Teknik MRI Abdomen

A. Capaian pembelajaran Mampu mengetahui anatomi sistem Urinari pada manusia

B. Alat dan bahan : Buku

C. Standar Operating Prosedure (SOP)

1. Persiapan

a) Mahasiswa mempersiapkan peralatan praktikum

b) Mahasiswa diharapkan sudah mempelajari dengan sungguh sungguh pokok materi praktikum Anatomi dan fisiologi sistem Urinari sebelum praktikum dimulai

2. Pelaksanaan

a. Pengampu Praktikum memimpin tadarus Al-Qur'an sebanyak 5 ayat

b. Pengampu Praktikum menjelaskan gambaran singkat tentang teknik pemeriksaan MRI Abdomen

- c. Mahasiswa mengisi/melengkapi lembar gambar anatomi fisiologi yang sudah disiapkan pada modul praktikum teknik MRI abdomen
- d. Bagian bagian yang sudah dipelajari harus dipahami
- e. Pengampu praktikum membahas/ mengoreksi bersama apa yang telah dipelajari oleh mahasiswa dan memberikan penjelasan atas hal hal yang belum dimengerti mahasiswa
- f. Pengampu Praktikum menunjuk setiap Mahasiswa untuk menjelaskan teknik MRI abdomen
- g. Pengampu Praktikum memberikan penilaian kepada mahasiswa

TEKNIK MRI ABDOMEN

A. Indikasi

1. Usus besar : diverticulitis, cancer dan appendicitis
2. Usus kecil : obstruksi tumor
3. Hati : massa, kanker, infeksi
4. Pancreas : peradangan, infeksi, tumor
5. Ginjal : massa, infeksi, kista
6. Aneurisma aorta abdominalis
7. Kolesistitis

B. Teknik Pemeriksaan

1. Posisi Obyek

1. Mengatur pasien sehingga Mid Sagital Plane (MSP) sejajar dengan lampu indikator longitudinal dan MCP tubuh sejajar dengan lampu indikator horisontal.
2. Lengan pasien harus berada diatas kepala
3. Untuk meminimalisir artefak dari gerakan bisa digunakan bantal dan straps
4. Memfiksasi lutut dengan menggunakan sponge
5. Menjelaskan kepada pasien untuk inspirasi penuh dan tahan nafas pada saat pemeriksaan berlangsung.
6. Ketinggian meja diatur pada pertengahan tubuh atau mid axillary line



2. Posisi Pasien

1. Supine diatas meja pemeriksaan
2. Tangan berada di atas kepala
3. Feet first/head first

3. Penentuan 3 Localizer (Sagittal, Coronal, dan Axial)

PRAKTIKUM KE-9

CITRA

1. Capaian Mampu anatomi sistem manusia
2. Alat dan
 - a. Alat tulis
 - b. Buku
3. Standar Prosedure (SOP)
 1. Persiapan

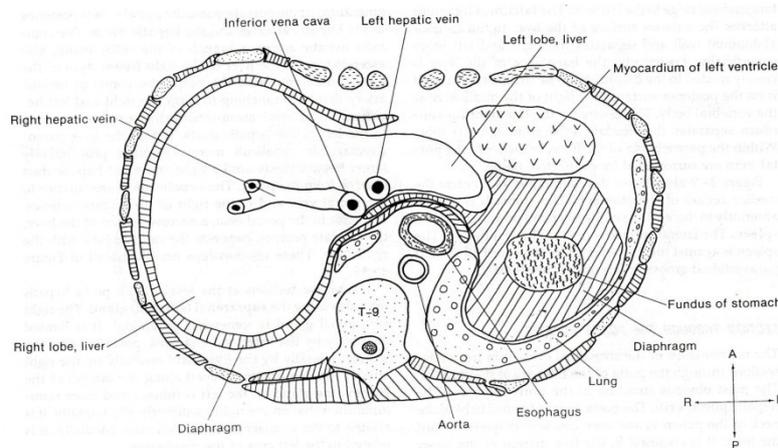


FIGURE 3-8. Transverse section through the upper abdomen, level T-9.

- a) mempersiapkan praktikum
 - b) diharapkan sudah mempelajari dengan sungguh sungguh pokok materi praktikum Anatomi dan fisiologi sistem Urinari sebelum praktikum dimulai
2. Pelaksanaan
 - a. Pengampu Praktikum memimpin tadarus Al-Qur'an sebanyak 5 ayat
 - b. Pengampu Praktikum menjelaskan gambaran singkat tentang teknik pemeriksaan MRI Abdomen
 - c. Mahasiswa mengisi/melengkapi lembar gambar anatomi fisiologi yang sudah disiapkan pada modul praktikum teknik MRI abdomen
 - d. Bagian bagian yang sudah dipelajari harus dipahami
 - e. Pengampu praktikum membahas/ mengoreksi bersama apa yang telah dipelajari oleh mahasiswa dan memberikan penjelasan atas hal hal yang belum dimengerti mahasiswa
 - f. Pengampu Praktikum menunjuk setiap Mahasiswa untuk menjelaskan teknik MRI abdomen
 - g. Pengampu Praktikum memberikan penilaian kepada mahasiswa

ABDOMEN

pembelajaran mengetahui Urinari pada

bahan :

Operating

Mahasiswa peralatan

Mahasiswa

CITRA MRI ABDOMEN

(Potongan Axial)

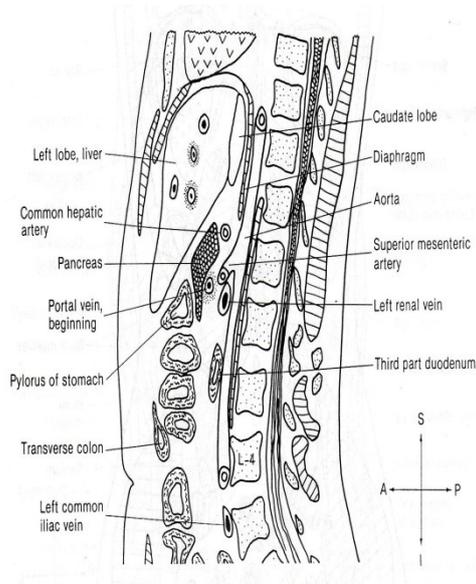
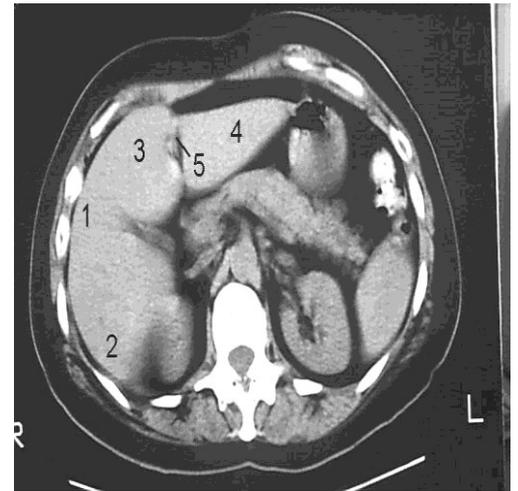


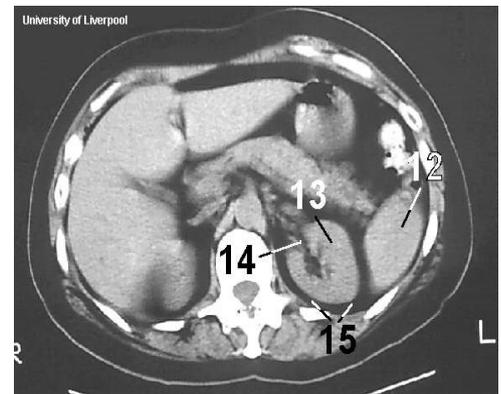
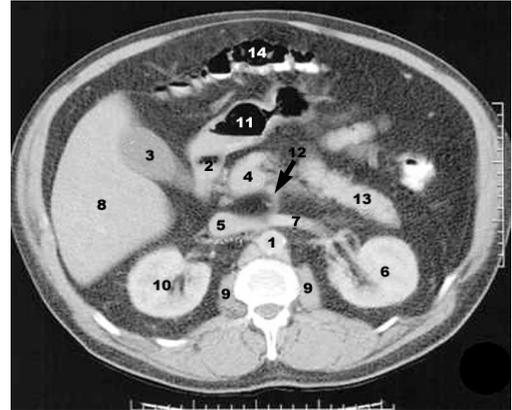
FIGURE 3-18. Midsagittal section through the abdomen, left-to-right view.



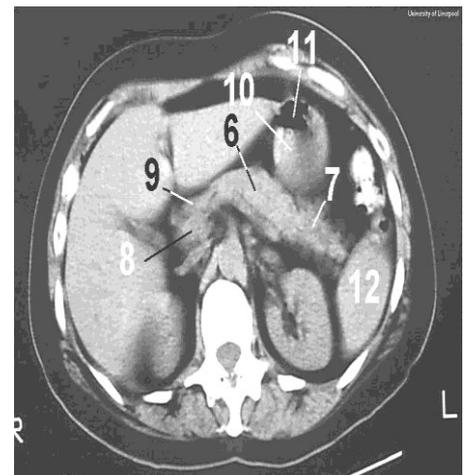
(Potongan sagital)

1. Anterior segmen,
2. Posterior segmen,
3. Medial segmen
4. Lateral segmen,
5. Ligamentum venosum
6. Body pankreas
7. Tail Pankreas
8. Ivc
9. Bile duct
10. Lambung
11. Udara

- 12. Limpa
- 13. Ginjal kiri
- 14. Pelvis renal
- 15. Perinephric fat



- 1 = Abdominal Aorta
- 2 = Duodenum
- 3 = Gallbladder
- 4 = Head of Pancreas
- 5 = Inferior Vena Cava
- 6 = Left Kidney
- 7 = Left Renal Vein
- 8 = Liver
- 9 = Psoas Muscle
- 10 = Right Kidney
- 11 = Stomach
- 12 = Superior Mesenteric Artery
- 13 = Tail of Pancreas
- 14 = Transverse Colon



MRIPELVIS

1. Capaian pembelajaran
 - a) Mahasiswa mampu menjelaskan anatomi dari MRI Pelvis
 - b) Mahasiswa mampu mengidentifikasi indikasi pemeriksaan MRI Pelvis
 - c) Mahasiswa mampu memberikan penjelasan kepada pasien tentang persiapan sebelum pemeriksaan MRI Pelvis
 - d) Mahasiswa mampu mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan sebelum pemeriksaan MRI Pelvis
 - e) Mahasiswa mampu melakukan teknik pemeriksaan radiologi MRI pelvis
2. *Standar Operating Prosedure (SOP)*
 - a) Persiapan
 1. Mahasiswa mengisi/melengkapi lembar praktikum Teknik Radiografi MRI Pelvis yang masih kosong dengan menggunakan tulisan tangan
 2. Mahasiswa diharapkan sudah mempelajari dengan sungguh sungguh pokok materi praktikum Teknik radiografi IVP sebelum praktikum dimulai
 - b) Pelaksanaan
 1. Mahasiswa mempersiapkan peralatan praktikum, yaitu:
 - a) Materi Pembelajaran
 - b) AL Quran
 - c) Daftar Hadir
 2. Pengampu Praktikum memimpin tadarus Al-Qur'an sebanyak 5 ayat
 3. Pengampu Praktikum menjelaskan gambaran singkat tentang Teknik Radiografi MRI Pelvis
 4. Pengampu praktikum membahas/ mengoreksi bersama apa yang telah diisi oleh mahasiswa dan memberikan penjelasan atas hal hal yang belum dimengerti mahasiswa
 5. Pengampu memberikan simulasi tentang Teknik Radiografi MRI Pelvis
 6. Mahasiswa diminta melakukan simulasi tentang Teknik Radiografi MRI Pelvis
 7. Setelah selesai praktikum, mahasiswa membuat laporan praktikum, dikumpul paling lambat seminggu setelah praktikum.

TEKNIK RADIOGRAFI MRI PELVIS

Teknik radiografi MRI Pelvis dilakukan untuk memperlihatkan kelainan pada daerah pelvis seperti tumor dan infeksi.

A. Indikasi

- 1) Tumor
- 2) Kanker
- 3) Kista
- 4) Inveksi

C. Prosedur Pemeriksaan Radiologi MRI Pelvis

a) Persiapan Pasien

- Pasien dengan kondisi normal, dipersilakan untuk ketoilet sebelum pemeriksaan
- Terangkan prosedur pemeriksaaan kepada pasien

- Aksesoris pasien berupa logam dilepas seperti anting-anting penjepit rambut dan lain sebagainya
 - Pasien dipersilakan mengganti baju pasien yang disediakan
- b) Persiapan alat dan bahan
- Sduit
 - Kapas
 - Alkohol
 - Media kontras
 - Obat obat emergency
 - Pesawat MRI
- c) Teknik pemeriksaan
- Posisi pasien
 - Supine
 - Kaki terlebih dahulu masuk gantry (*Feet first*)
 - Atur daerah pelvis dalam coil
 - Titik bidik pada pertengahan pelvis

Tabel Sekuens

Sekuens	Komentar	Arah potongan
3 bidang Localizer	5 irisan pada masing-masing bidang	
Sagital T2	Tebal irisan 3-5 mm, dibuat tegak lurus dari gambar coronal untuk memperlihatkan ovarium diantara caput femoralis	R-L
Axial T2 Axial T1 Axial dual echo tahan nafas Axial LAVA/VIBE	3-5 mm dibuat dari garis sagital dan coronal, memperlihatkan krista iliaka sampai simpisis pubis s.d.a s.d.a 3-4 mm 3D T1 GRE dengan FatSat	S-I
Coronal T2 FatSat	3-4 mm dibuat dari gambaran axial dan sagital. True coronal untuk pelvis laki-laki dan oblik coronal untuk perempuan sejajar dengan sudut uterus	A-P
Post kontras	Jika diperlukan	
Axial LAVA?VIBE	s.d.a minimal 3 phase	S-I
Sagital FatSat	s.d.a	R-L

Tabel Parameter

	Thin slice T2	Thick slice T2	3D T2 RTR	Thick slice T2	Thick slice T2	3D CE	3D T1 FS
Bidang	Sagital	Axial	Axial	Coronal	Axial	Sagital	Axial
Jenis sekuen	FRFSE	FRFSE	FSE	FRFSE	SPGR	SPGR	FSE
TE	100	100	Minfull	68	In phase	In phase	Minfull
TR	5340	5340	640	5140	Auto	200	675
ETL	21	21	3	19			2

BW	31,25	31,25	41,67	21,25	62,50	62,50	31,25
Tebal irisan	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Spasi irisan	1,0	1,0	1,0	1,0	-2,5	1,0	1,0
FOV	24	32	32	32	35	32	32
Matrix	320x256	320x288	320x288	320x256	288x192	320x224	352x224
NEX/nsa	4	2	2	3	1	2	2
Arah frekuensi	A-P	R-L	R-L	S-I	R-L	S-I	R-L
Flip angel					12	80	
Parallel imaging	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF

PRAKTIKUM KE-11

CITRA MRI PELVIS

1. Capaian Pembelajaran

Mampu mengidentifikasi anatomi radiologi pada pemeriksaan MRI Pelvis

2. *Standar Operating Prosedure* (SOP)

1. Persiapan

- Mahasiswa mengisi/melengkapi lembar praktikum Anatomi Radiologi pada pemeriksaan MRI Pelvis yang masih kosong dengan menggunakan tulisan tangan
- Bagian bagian yang sudah diisi dihafal dan dipahami
- Mahasiswa diharapkan sudah mempelajari dengan sungguh sungguh pokok materi praktikum Anatomi Radiologi pada pemeriksaan MRI Pelvis sebelum praktikum dimulai.

2. Pelaksanaan

3. Mahasiswa mempersiapkan peralatan praktikum, yaitu:

- f) Radiograf
- g) Alat tulis
- h) x-ray viewer
- i) AL Quran
- j) Daftar Hadir

4. Pengampu Praktikum memimpin tadarus Al-Qur'an sebanyak 5 ayat

5. Pengampu Praktikum menjelaskan gambaran singkat tentang Anatomi Radiografi MRI Pelvis

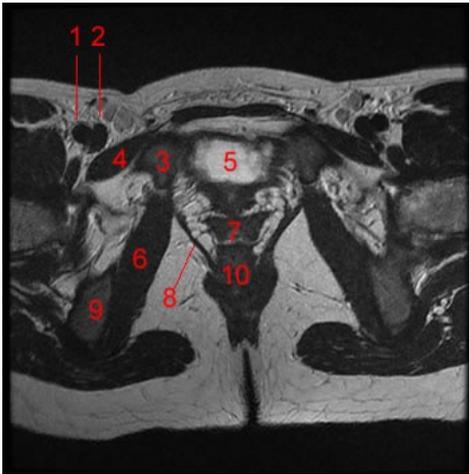
6. Pengampu praktikum membahas/ mengoreksi bersama apa yang telah diisi oleh mahasiswa dan memberikan penjelasan atas hal hal yang belum dimengerti mahasiswa

7. Pengampu Praktikum menunjuk setiap Mahasiswa untuk menunjukan bagian bagian pada anatomi radiologi MRI Pelvis

8. Pengampu Praktikum memberikan penilaian kepada mahasiswa

CITRA MRI PELVIS

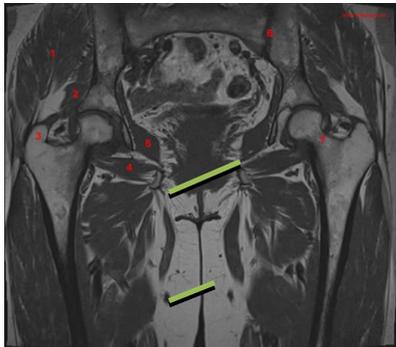
1. Potongan Axial



Keterangan :

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)
- 6)
- 7)
- 8)
- 9)
- 10).....

2. Potongan Coronal

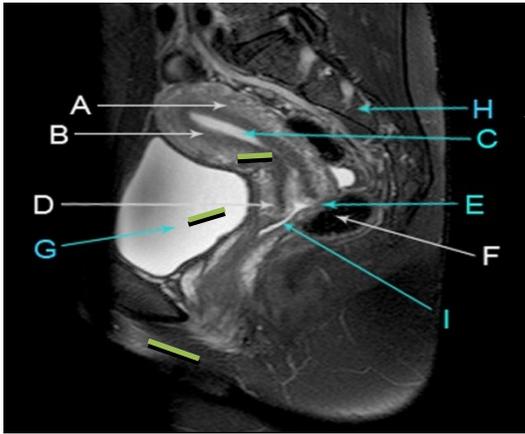


Keterangan :

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)
- 6)
- 7)



3. Potongan saggital



Keterangan :

- A.....
- B.....
- C.....
- D.....
- F.....
- G.....
- H.....
- I.....

PRAKTIKUM KE-12

MRI SISTEM MUSKULUSKELETAL

A. Protokol MRI Shoulder Joint

1. Persiapan Pasien

- Pasien dengan kondisi normal, dipersilakan untuk ke toilet sebelum diperiksa.
- Terangkan prosedur pemeriksaan kepada pasien.
- Asesoris pasien berupa logam dilepas seperti anting-anting penjepit rambut, dan lain sebagainya.

2. Posisi pasien

- Tidur terlentang.
- Kepala dahulu yang masuk gantry.
- Pemeriksaan hanya satu shoulder untuk sekali pemeriksaan
- Atur daerah shoulder joint ke dalam coil.
- Titik bidik pada pertengahan shoulder joint.

Sekuens	Komentar	Arah potongan
3 bidang Localizer	5 irisan pada masing-masing bidang	
Axial GRE	3-4 mm true axial dibuat dari gambar Sagital dan Coronal hanya pada area shoulder joint	S-I
Coronal PD FatSat	Oblik Coronal parallel pada muskulus supraspinatus/tendon	A-P
Sagital PD FatSat	Dibuat tegak lurus dari gambar Coronal.	R-L
Tambahan		
Axial PD FatSat	Bisa juga dibuat Axial GRE untuk klinis trauma.	S-I

Coronal STIR	Untuk trauma dan kelainan yang membutuhkan kondisi fat sat.	A-P
Sagital T2	Bisa juga ditambahkan kondisi PD FatSat untuk kelainan yang membutuhkan kondisi fat sat.	R-L

B. Protokol MRI Wirst Joint

1. Persiapan Pasien

- Pasien dengan kondisi normal, dipersilakan untuk ke toilet sebelum diperiksa.
- Terangkan prosedur pemeriksaan kepada pasien.
- Asesoris pasien berupa logam dilepas seperti anting-anting penjepit rambut, dan lain sebagainya.

2. Posisi pasien

- Tidur terlentang.
- Kepala dahulu yang masuk gantry.
- Pemeriksaan hanya satu wirst joint untuk sekali pemeriksaan
- Atur daerah elbow joint ke dalam coil.
- Titik bidik pada pertengahan elbow joint

Sekuens	Komentar	Arah Potongan
3 bidang Localizer	5 irisan pada masing-masing bidang.	
Axial GRE	3-4 mm dibuat dari gambar Sagital dan Coronal hanya pada area shoulder joint .	S-I
Coronal PD FatSat	Oblik Coronal 3 mm dibuat dari gambar Axial dan Sagital Localizer.	A-P
Sagital PD FatSat	Dibuat tegak lurus dari gambar ‘ Coronal pada elbow joint.	R-L
Tambahan		
Axial PD FatSat Axial T1	Bisa juga dibuat untuk klinis trauma.	S-I
Coronal STIR	Untuk trauma dan kelainan yang membutuhkan kondisi fat sat.	A-P
Sagital T2 Sagital PD Sagital GRE	Bisa juga ditambahkan kondisi PD FatSat untuk kelainan yang membutuhkan kondisi fat sat dan sekuen GRE untuk lesi tulang / cartilage defeggs.	R-L

MRI SISTEM MUSKULUSKELETAL

C. Protokol MRI Shoulder Joint

3. Persiapan Pasien

- Pasien dengan kondisi normal, dipersilakan untuk ke toilet sebelum diperiksa.
- Terangkan prosedur pemeriksaan kepada pasien.
- Asesoris pasien berupa logam dilepas seperti anting-anting penjepit rambut, dan lain sebagainya.

4. Posisi pasien

- Tidur terlentang.
- Kepala dahulu yang masuk gantry.
- Pemeriksaan hanya satu shoulder untuk sekali pemeriksaan
- Atur daerah shoulder joint ke dalam coil.
- Titik bidik pada pertengahan shoulder joint.

Sekuens	Komentar	Arah potongan
3 bidang Localizer	5 irisan pada masing-masing bidang	
Axial GRE	3-4 mm true axial dibuat dari gambar Sagital dan Coronal hanya pada area shoulder joint	S-I
Coronal PD FatSat	Oblik Coronal parallel pada muskulus supraspinatus/tendon	A-P
Sagital PD FatSat	Dibuat tegak lurus dari gambar Coronal.	R-L
Tambahan		
Axial PD FatSat	Bisa juga dibuat Axial GRE untuk klinis trauma.	S-I
Coronal STIR	Untuk trauma dan kelainan yang membutuhkan kondisi fat sat.	A-P
Sagital T2	Bisa juga ditambahkan kondisi PD FatSat untuk kelainan yang membutuhkan kondisi fat sat.	R-L

D. Protokol MRI Wirst Joint

1. Persiapan Pasien

- Pasien dengan kondisi normal, dipersilakan untuk ke toilet sebelum diperiksa.
- Terangkan prosedur pemeriksaan kepada pasien.
- Asesoris pasien berupa logam dilepas seperti anting-anting penjepit rambut, dan lain sebagainya.

2. Posisi pasien

- Tidur terlentang.
- Kepala dahulu yang masuk gantry.
- Pemeriksaan hanya satu wirst joint untuk sekali pemeriksaan
- Atur daerah elbow joint ke dalam coil.
- Titik bidik pada pertengahan elbow joint

Sekuens	Komentar	Arah Potongan
---------	----------	---------------

3 bidang Localizer	5 irisan pada masing-masing bidang.	
Axial GRE	3-4 mm dibuat dari gambar Sagital dan Coronal hanya pada area shoulder joint .	S-I
Coronal PD FatSat	Oblik Coronal 3 mm dibuat dari gambar Axial dan Sagital Localizer.	A-P
Sagital PD FatSat	Dibuat tegak lurus dari gambar ' Coronal pada elbow joint.	R-L
Tambahan		
Axial PD FatSat Axial T1	Bisa juga dibuat untuk klinis trauma.	S-I
Coronal STIR	Untuk trauma dan kelainan yang membutuhkan kondisi fat sat.	A-P
Sagital T2 Sagital PD Sagital GRE	Bisa juga ditambahkan kondisi PD FatSat untuk kelainan yang membutuhkan kondisi fat sat dan sekuen GRE untuk lesi tulang / cartilage defeggs.	R-L

PRAKTIKUM KE-13

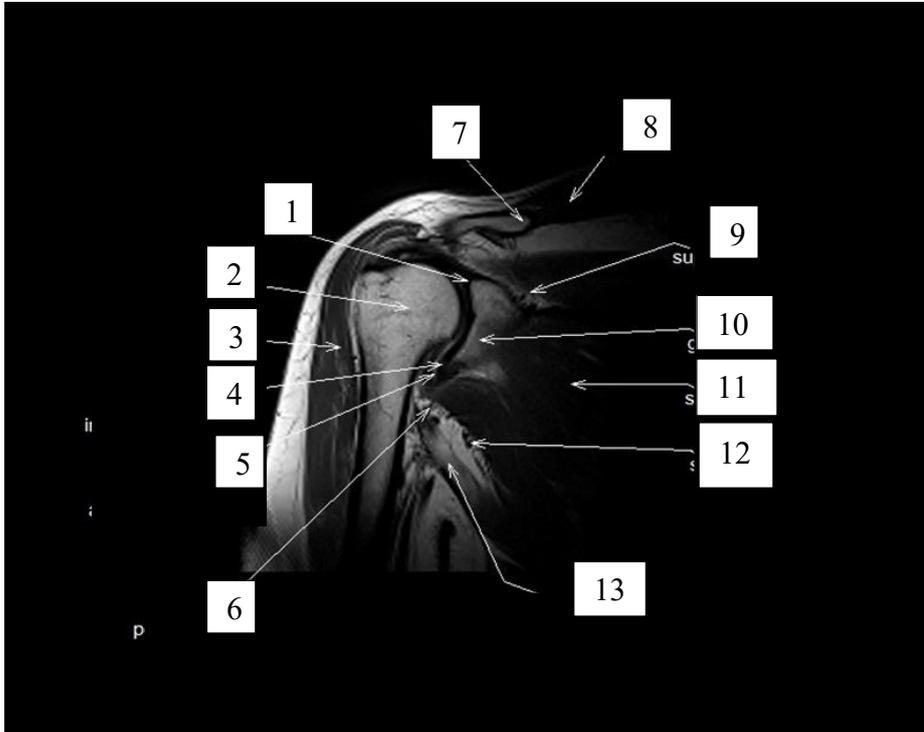
CITRA MRIMUSKULOSKELETAL

1. Capaian Pembelajaran Mampu mengidentifikasi anatomi radiologi pada Muskuloskeletal
2. Standar Operating Prosedure (SOP)
 - a) Persiapan
 1. Mahasiswa mengisi/melengkapi lembar praktikum Anatomi Radiologi pada pemeriksaan Muskuloskeletal yang masih kosong dengan menggunakan tulisan tangan
 2. Bagian bagian yang sudah diisi dihafal dan dipahami
 3. Mahasiswa diharapkan sudah mempelajari dengan sungguh sungguh pokok materi praktikum Anatomi Radiologi pada pemeriksaan Muskuloskeletal sebelum praktikum dimulai.
 - b) Pelaksanaan
 1. Mahasiswa mempersiapkan peralatan praktikum, yaitu:
 - Radiograf
 - Alat tulis
 - x-ray viewer
 - AL Quran
 - Daftar Hadir
 2. Pengampu Praktikum memimpin tadarus Al-Qur'an sebanyak 5 ayat
 3. Pengampu Praktikum menjelaskan gambaran singkat tentang Anatomi Radiografi Muskuloskeletal
 4. Pengampu praktikum membahas/ mengoreksi bersama apa yang telah diisi oleh mahasiswa dan memberikan penjelasan atas hal hal yang belum dimengerti mahasiswa

5. Pengampu Praktikum menunjuk setiap Mahasiswa untuk menunjukan bagian bagian anatomi radiologi pada Muskuloskeletal
6. Pengampu Praktikum memberikan penilaian kepada mahasiswa.

CITRA MRI SISTEM MUSKULUSKELETAL

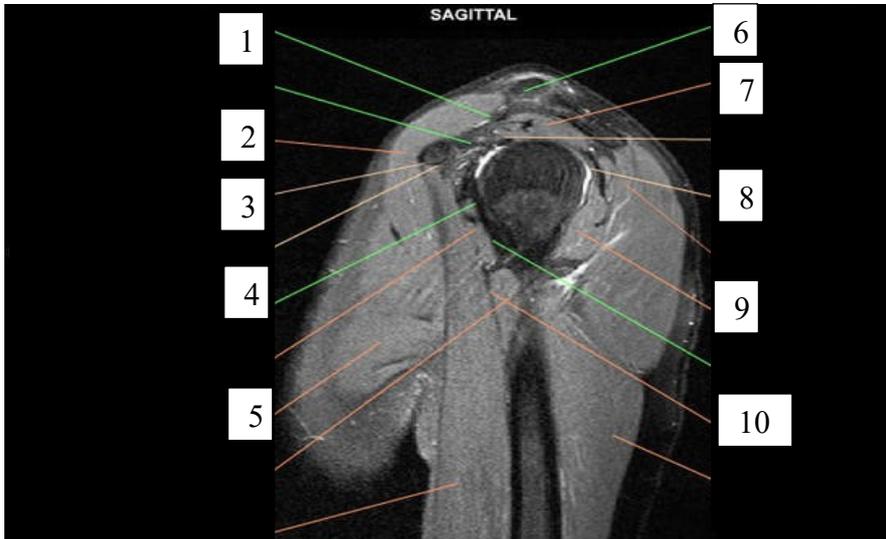
1. Sholder Joint



Keterangan :

- 1).....
- 2).....
- 3).....
- 4).....
- 5).....
- 6).....
- 7).....
- 8).....
- 9).....
- 10).....
- 11).....
- 12).....
- 13).....

2. Elbow

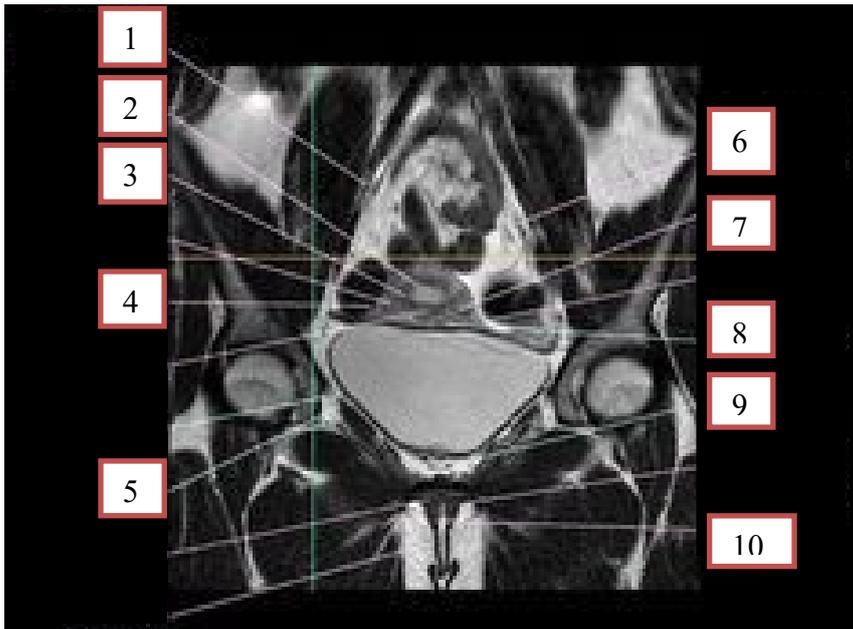


Keterangan :

- 1).....
- 2).....
- 3).....
- 4).....
- 5).....
- 6).....
- 7).....
- 8).....
- 9).....
- 10).....

EKSTREMITAS BAWAH

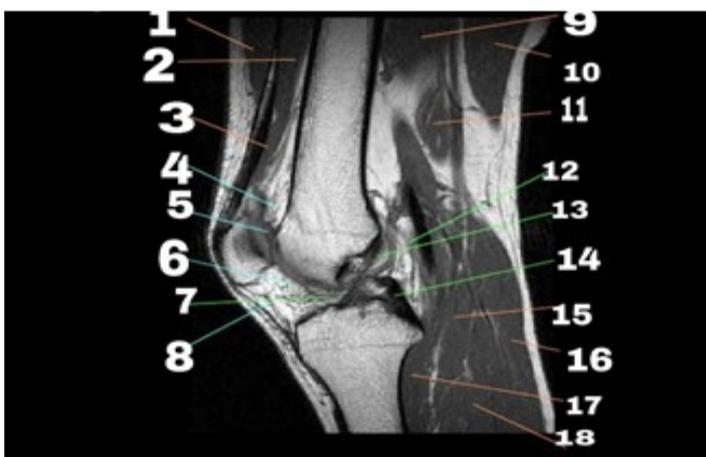
1. Hip joint



Keterangan :

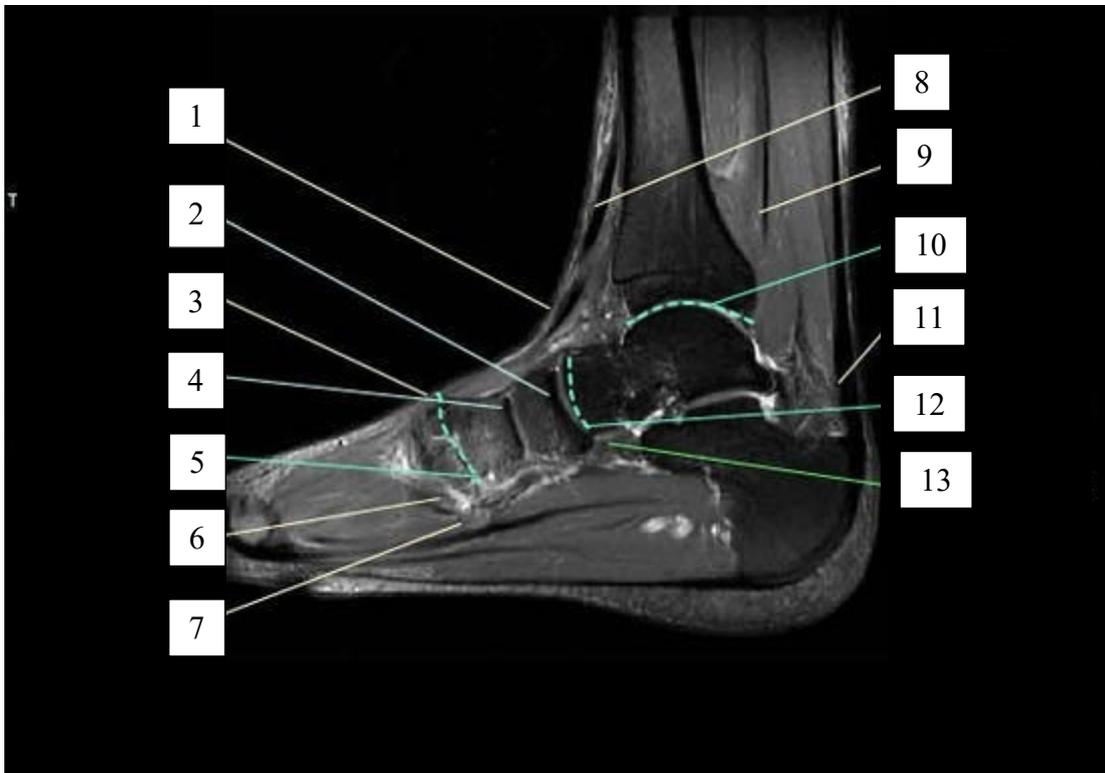
- 1).....
- 2).....
- 3).....
- 4).....
- 5).....
- 6).....
- 7).....
- 8).....
- 9).....
- 10).....

2. Genu



Keterangan :
 1).....
 2).....
 3).....
 4).....
 5).....
 6).....
 7).....
 8).....
 9).....
 10).....
 11).....
 dll

3. Ankle



Keterangan :
 1).....
 2).....
 3).....
 4).....
 5).....
 6).....
 7).....
 8).....
 9).....
 10).....
 11).....
 12).....

13).....

PRAKTIKUM KE-14

MRI SPINE

- a. Capaian pembelajaran
 1. Mahasiswa mampu mengidentifikasi indikasi pemeriksaan MRI Spine
 2. Mahasiswa mampu memberikan penjelasan kepada pasien tentang persiapan sebelum pemeriksaan MRI Spine
 3. Mahasiswa mampu mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan sebelum pemeriksaan MRI Spine
 4. Mahasiswa mampu melakukan teknik pemeriksaan radiologi MRI spine
- b. Standar Operating Prosedure (SOP)
 - a. Persiapan

Mahasiswa diharapkan sudah mempelajari dengan sungguh sungguh pokok materi praktikum Teknik radiografi spine sebelum praktikum dimulai.
 - b. Pelaksanaan

Mahasiswa mempersiapkan peralatan praktikum, yaitu:

 - d. LCD
 - e. AL Quran
 - f. Alat tulis
 - c. Mahasiswa memakai jas labolatorium
 - d. Mahasiswa membaca doa sebelum memulai praktikum
 - e. Dosen pengampu menjelaskan materi tentang Teknik radiografi MRI Spine
 - f. Mahasiswa mencatat dan memahami materi yang di jelaskan.

TEKNIK PEMERIKSAAN SPINE VERTEBRAE CERVICAL

Magnetic Resonance Imaging (MRI) adalah suatu alat diagnostik muthakhir untuk memeriksa dan mendeteksi tubuh dengan menggunakan medan magnet yang besar dan gelombang frekuensi radio, tanpa operasi, penggunaan sinar X, ataupun bahan radioaktif, yang menghasilkan rekaman gambar potongan penampang tubuh atau organ manusia dengan menggunakan medan magnet berkekuatan antara 0,064 – 1,5 tesla (1 tesla = 1000 Gauss) dan resonansi getaran terhadap inti atom hidrogen. Merupakan metode rutin yang dipakai dalam diagnosis medis karena hasilnya yang sangat akurat.

1. Indikasi umum pemeriksaan MRI !ervical antara lain :
 - a. Fraktur
 - b. Nyeri pada bagian leher

- c. Cedera atau trauma pada tulang leher
 - d. Multiple
 - e. Sclerosis
 - f. Tumor atau kangker
 - g. Osteomyelitis
2. Posisi pasien : Pasien supine diatas meja pemeriksaan
 3. Posisi Objek : MSP tubuh pasien tepat ditengah meja pemeriksaan, head first, isocenter di cervical 4 atau jakun, tangan disamping tubuh, kemudian berikan pasien selimut.
 4. Persiapan pasien
 - ✓ Isi form screening seperti identitas pasien, berat badan, riwayat penyakit, mengalami phobia ruang sempit atau tidak, dll.
 - ✓ Pasien ganti baju dengan baju pasien, untuk wanita tanggalkan pakaian dalam bagian atas dan kalung serta simpan barang-barang yang mengandung feromagnetik dilocker yang telah disediakan.
 - ✓ Apabila menggunakan gigi palsu dan alat dengan bantu maka harus dilepas.
 - ✓ Pasien tiduran di meja pemeriksaan.
 - ✓ Beri penjelasan mengenai tata cara saat pemeriksaan dan pasang ear plug.
 - ✓ Beri tombol emergency call kepada pasien dan jelaskan fungsinya.
 - ✓ Instruksikan pasien agar tidak bergerak selama pemeriksaan berlangsung.
 - ✓ Beri selimut untuk pasien agar pasien merasa nyaman.
 5. Teknik pemeriksaan
 - ✓ Atur posisi pasien pada meja pemeriksaan sesuai objek yang diperiksa, pasang coil cervical, sentrasikan sinar (iso center) di cervical 4 atau jakun.
 - ✓ Tekan tombol naik pada pesawat MRI dan atur sehingga objek berada ditengah.
 - ✓ Tekan tombol masuk untuk memasukan pasien kedalam gantry.
 - ✓ Tentukan parameter pada window site dan pilih series.
 - ✓ Buat 3-plane lokalisiratauscanogram.
 - ✓ Parameter yang digunakan untuk MRI Cervical:
 - Localizer
 - T2_tse_cor_rst_p2_FAST
 - T2_tse_sag_rst_384
 - T1_tse_sag
 - T2_tirm sag_fast
 - T2_me2d_tra_p2
 - T2_tse_tra_320

- ✓ Setelah hasil gambaran cervical sudah baik, pasien dikeluarkan dari gantry dengan mengklik icon table positioning pilih move to home.
- ✓ Lihat hasil gambaran yang akan di print (menu Viewing), yaitu sebanyak 4 film yang terdiri dari potongan sagittal T1, potongan sagittal T2, potongan axial T1, dan potongan axial T2. Untuk hasil gambaran coronal di print apabila pasien mengalami skoliosis.
- ✓ Hasil gambaran potongan axial saat di print harus terdapat reference images yang di atur dalam propertise
- ✓ Hasil Gambaran MRI Cervical



TEKNIK RADIOGRAFI MRI SPINAL LUMBOSACRAL

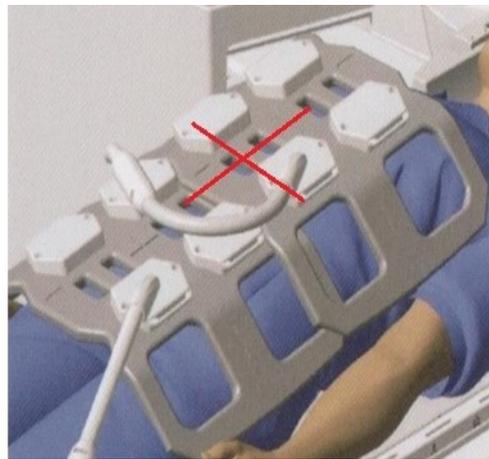
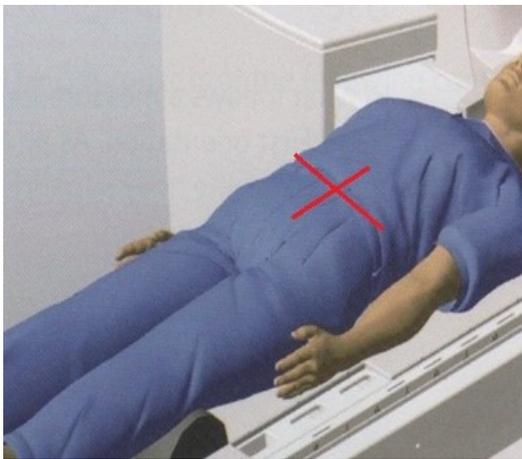
a. MRI Lumbal-Sacral

1. Indikasi umum pemeriksaan MRI Lumbal-Sacral antara lain:

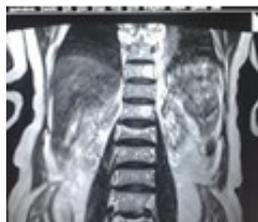
- Hernia Nukleus Pulposus (HNP)
- Fraktur
- Rupture
- Bulging
- Aneurysm
- Tumor atau kanker

- kompresi
2. Posisi pasien : Pasien supine diatas meja pemeriksaan
 3. Posisi objek : MSP tubuh tepat dipertengahan meja, head first, isocenter di lumbal 3 atau 3 jari diatas SIAS dengan tangan pasien berada di samping tubuh, kemudian berikan selimut.
 4. Persiapan pasien
 - ✓ Isi form screening seperti identitas pasien, berat badan, riwayat penyakit, mengalami phobia ruang sempit atau tidak, dll.
 - ✓ Pasien ganti baju dengan baju pasien, simpan barang-barang yang mengandung feromagnetik dilocker yang telah disediakan.
 - ✓ Apabila menggunakan gigi palsu dan alat dengan bantu maka harus dilepas.
 - ✓ Pasien tiduran di meja pemeriksaan.
 - ✓ Beri penjelasan mengenai tata cara saat pemeriksaan dan pasang ear plug.
 - ✓ Beri tombol emergency call kepada pasien dan jelaskan fungsinya.
 - ✓ Instruksikan pasien agar tidak bergerak selama pemeriksaan berlangsung.
 - ✓ Berikan selimut untuk pasien agar pasien merasa nyaman.
 5. Teknik Pemeriksaan
 - ✓ Atur posisi pasien pada meja pemeriksaan sesuai objek yang diperiksa, coil yang digunakan untuk tulang belakang thoracal dan lumbal sudah terpasang dimeja pemeriksian, sentrasikan sinar (iso center) di lumbal 3 atau 3 jari di atas SIAS.
 - ✓ Tekan tombol naik pada pesawat MRI dan atur sehingga objek berada ditengah.
 - ✓ Tekan tombol untuk memasukan pasien kedalam gantry.
 - ✓ Tentukan parameter pada window site dan pilih series.
 - ✓ Buat 3-plane lokalisiratauscanogram.
 - ✓ Parameter yang digunakan untuk MRI Lumbal-sacral:
 - Localizer
 - T2_tse_rst_cor_p2_fast
 - T2_tse_rst_sag
 - T1_tse_sag
 - T1_tse_rst_tra_msma
 - T2_tse_tra_msma
 - T2_tirm_sagfast

- ✓ Setelah hasil gambaran lumbal sudah baik, pasien dikeluarkan dari gantry dengan mengklik icon table positioning pilih move to home.
- ✓ Lihat hasil gambaran yang akan di print (menu Viewing), yaitu sebanyak 4 film yang terdiri dari potongan sagittal T1, potongan sagittal T2, potongan axial T1, dan potongan axial T2. Untuk hasil gambaran coronal di print apabila pasien mengalami skoliosis.
- ✓ Hasil gambaran potongan axial saat di print harus terdapat reference images yang di atur dalam proporsise.
- ✓ Apabila dokter meminta lumbal-myelo maka ditambah parameter myelo, lalu di buat gambaran 3D setelah itu baru di print.
- ✓ Hasil Gambaran MRI Lumbal-Sacral



Potongan coronal



Potongan sagittal



Topogram sagittal



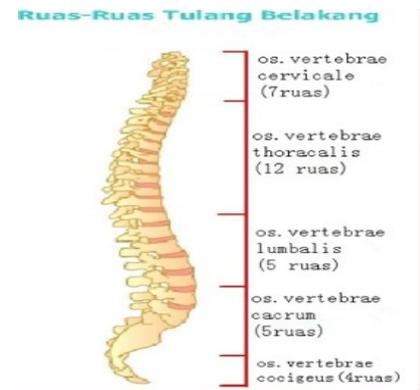
Potongan axial



Topogram axial



TEKNIK RADIOGRAFI SPINE THORACAL



A. Pasien positioning (vert. thoracal)

1. Berbaring coil di bawah tubuh pasien memanjang dari bahu sampai ke bawah costal margin agar dapat mengcover semua thoracal spine. • Horizontal alignment light di pertengahan coil setinggi thoracal vert 4
2. Sekuens yang biasa digunakan
 - SE/FSE
 - Coherent GRE T2*
 - STIR untuk lebih bagus memvisualisasikan bone marrow



PRAKTIKUM KE-15

CITRA MRI SPINE

1. Capaian Pembelajaran

Mahasiswa mampu menganalisa hasil pemeriksaan MRI citra Spine

2. Standar Operating Prosedure (SOP)

12. Persiapan

- Mahasiswa mengisi/melengkapi lembar praktikum Anatomi Radiologi pada pemeriksaan MRI SPIN yang masih kosong dengan menggunakan tulisan tangan
- Bagian bagian yang sudah diisi dihafal dan dipahami
- Mahasiswa diharapkan sudah mempelajari dengan sungguh sungguh pokok materi praktikum Anatomi Radiologi pada pemeriksaan Mri Spine sebelum praktikum dimulai.

13. Pelaksanaan

9. Mahasiswa mempersiapkan peralatan praktikum, yaitu:

- 8) Radiograf
- 9) Alat tulis
- 10) x-ray viewer
- 11) AL Quran
- 12) Daftar Hadir

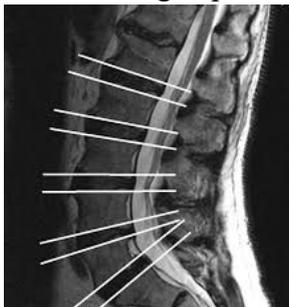
10. Pengampu Praktikum memimpin tadarus Al-Qur'an sebanyak 5 ayat

11. Pengampu Praktikum menjelaskan gambaran singkat tentang Anatomi Radiografi MRI SPINE

12. Pengampu praktikum membahas/ mengoreksi bersama apa yang telah diisi oleh mahasiswa dan memberikan penjelasan atas hal hal yang belum dimengerti mahasiswa

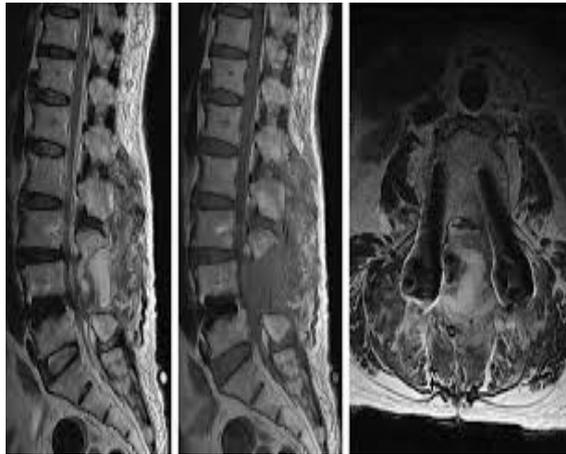
13. Pengampu Praktikum menunjuk setiap Mahasiswa untuk menunjukan bagian bagian pada anatomi radiologi MRI SPINE

14. Pengampu Praktikum memberikan penilaian kepada mahasiswa



Keterangan :

- 13)
- 14)
- 15)
- 16)
- 17)
- 18)
- 19)
- 20)
- 21)
- 22)



Keterangan :

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)
- 6)
- 7)
- 8)
- 9)
- 10)

TEKNIK RADIOGRAFI MRI ANGIOGRAPHY

- 1. Capaian pembelajaran
 - a) Mahasiswa mampu menjelaskan anatomi dari teknik angiography
 - b) Mahasiswa mampu memberikan penjelasan kepada pasien tentang persiapan sebelum pemeriksaan angiography
 - c) Mahasiswa mampu mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan sebelum pemeriksaan angiography
 - d) Mahasiswa mampu melakukan teknik pemeriksaan radiologi angiography
- 2. *Standar Operating Prosedure (SOP)*

a) *Persiapan*

- 1. Mahasiswa mengisi/melengkapi lembar praktikum Teknik Radiografi MRI ANGIGRAPHY yang masih kosong dengan menggunakan tulisan tangan
- 2. Mahasiswa diharapkan sudah mempelajari dengan sungguh sungguh pokok materi praktikum Teknik radiografi MRI ANGIOGRAPHY sebelum praktikum dimulai.

b) *Pelaksanaan*

- 1. Mahasiswa mempersiapkan peralatan praktikum, yaitu:
 - a) Pesawat Sinar-x
 - b) Kaset
 - c) AL Quran
 - d) Daftar Hadir
- 2. Pengampu Praktikum memimpin tadarus Al-Qur'an sebanyak 5 ayat
- 3. Pengampu Praktikum menjelaskan gambaran singkat tentang Teknik MRI ANGIOGRAPHY
- 4. Pengampu praktikum membahas/ mengoreksi bersama apa yang telah diisi oleh mahasiswa dan memberikan penjelasan atas hal hal yang belum dimengerti mahasiswa
- 5. Pengampu memberikan simulasi tentang Teknik Radiografi MRI ANGIOGRAPHY
- 6. Mahasiswa diminta melakukan simulasi tentang Teknik Radiografi MRI ANGIOGRAPHY
- 7. Setelah selesai praktikum, mahasiswa membuat laporan praktikum, dikumpul paling lambat seminggu setelah praktikum.

A. *Prosedur Pemeriksaan Radiologi MRI ANGIOGRAFI*

a) *Persiapan Pasien*

.....
.....
.....

b) *Persiapan alat dan bahan*

- 1, Baju pasien
- 2. Peswat MRI
- c) *Teknik pemeriksaan*
 - 1. Pasien membuat perjanjian terlebih dahulu pada bagian registrasi radiology atau dapat melalui telepon.
 - 2. Pasien membawa foto lama yang sesuai dengan pemeriksaan jika ada.
 - 3. Pasien melakukan persiapan pemeriksaan, *antara lain* :

4. Pasien dilarang mengkonsumsi makanan-minuman yang mengandung kafein pada 12 jam sebelum pemeriksaan.
 5. Satu hari sebelum pemeriksaan pasien dilarang melakukan aktifitas yang dapat memacu jantung; olah raga, naik-turun tangga, kerja berat, dll.
 6. Pasien yang mengkonsumsi obat medformine (anti diabetes) secara berkala, maka harus STOP 2 hari sebelum dan 1 hari sesudah pemeriksaan.
 7. Pasien puasa total 4 jam sebelum pemeriksaan.
 8. Tiba 45 menit di Unit Radiologi sebelum jadwal yang dijanjikan.
 9. Setelah pasien tiba di Unit Radiologi, maka Nurse Radiologi memberikan penjelasan prosedur pemeriksaan kepada pasien, meminta persetujuan pasien dengan mengisi inform concert, serta melakukan proses pemeriksaan fisik di ruang observasi yang tersedia seperti; Cek keadaan umum pasien, TTV: Tekanan darah, Respirasi, Suhu & heart rate (menggunakan ECG).
 10. Nilai Heart Rate normal yang direkomendasikan : **55 s/d 70 x/menit**
 11. Jika nilai heart rate pasien tinggi > 75 bpm, maka pasien diberikan seloken 50 mg oleh nurse radiologi atas persetujuan dokter radiologis, tunggu dan analisa selama 30-45 menit. Jika masih > 75 bpm, maka nurse radiologi mengkonsulkan kedokter ahli radiologi untuk pemberian seloken selanjutnya, kemudian tunggu dan analisa selama satu jam. Jika heart rate pasien tetap tinggi maka pemeriksaan di cancel dan pasien dirujuk kembali ke dokter spesialis jantung, jika heart ratenya turun normal maka pemeriksaan dilanjutkan.
 12. Nurse radiologi memasang i.v line No:20/18, di pembuluh darah vena yang lurus dan tidak ada lekukan semisal; didaerah lengan.
 13. Melakukan tes alergi kontras 2cc, dan tunggu 5 menit. Lakukan secara bertahap sebanyak 3 kali. Pastikan pasien benar-benar aman tidak ada reaksi alergi.
 14. Jika heart rate pasien stabil, pindahkan pasien keruang pemeriksaan. Pasien tidur di atas meja pemeriksaan CT Scan dengan posisi *Feet First*, kemudian pasang ECG triger. Pasien dijelaskan kembali tahapan pemeriksaan dan di haruskan untuk mengikuti aba-aba tarik-tahan napas dengan sebaik mungkin.
 15. Nurse radiologi mengatur injector pump, **Untuk Kontras:** (V): 80-100 ml (P): 4,5 – 5 PSI, **Untuk Flash:** (V):40 ml (P) : 4,5-5 PSI.
 16. Kemudian sambungkan injector pump dengan i.v line pasien. Nurse radiology memastikan aliran kontras lancar tidak ada gangguan.
 17. Radiographer kemudian menginput data pasien dikomputer.
 18. Radiographer mengecek kembali posisi pasien tidur true supine, kedua lengan keatas/ kepala, kemudian mengatur Central Point (CP) setinggi sternal notch.
 19. Memilih menu pemeriksaan : **Snapshot Segment 0,625mm 30-75 BPM- medium- Smart Prep.**
 - Lakukan scan pertama;** menampilkan topogram jantung.
 20. Kemudian atur area irisan dari sisi AP dan Lateral topogram. Dari sisi AP Topogram: tentukan **batas atas irisan** setinggi carina dan **batas bawah** sampai akhir bawah jantung. Dari sisi Lateral Topogram : tentukan **batas anterior irisan** area depan dari manubrium sterni, **batas posterior irisan** collumna vertebrae thoracalis.
 - 21. Lakukan prosen Scan Kedua:** untuk menampilkan potongan axial jantung.
 22. Tentukan Nilai ROI, SL dan EL.
 23. Dari potongan axial yang sudah ada (didapat dari hasil scan kedua): Untuk nilai **ROI** : ordinat percabangan LMA (Left Main Ateri), nilai **Start Location (SL)** : ordinat percabangan truncus dan arteria pulmonalis, Nilai **End Location (EL)** : ordinat Batas Bawah Jantung.
 24. Klik smart prep :
(isi nilai tersebut)
- | <u>MON LOC/ ROI</u> | <u>mA</u> | <u>Mont. Delay</u> | <u>Mont.ISD</u> | <u>Enhancmnet</u> | <u>Diagnostik delay</u> |
|---------------------|-----------|--------------------|-----------------|-------------------|-------------------------|
| (...Ordinat ROI...) | 40 | 10 | 1.0 | 200 | 3 |
25. Klik: Show Location (untuk melihat batasan ROI, muncul berupa satu garis lurus pada

pertengahan jantung, setinggi percabangan LMA)

26. Klik : Accept

27. Isi Nilai **SL** dan **EL**

28. Klik : Confirm, Klik : Scan (muncul satu gambar potongan axial)

29. Letakan lingkaran ROI (**O**) pada arkus aorta.

30. klik: monitor phase

31. **KLIK SECARA BERSAMAAN : STAR SCAN + SCAN INJECTOR**

32. Muncul gambar berulang-ulang pada satu titik ROI, lihat enhancement pada arkus aorta dan grafik enhancement. Jika grafik telah mencapai nilai enhancement 200 dan gambar arkus aorta (titik ROI) enhancement menyengat maksimal. Maka :

Instruksikan pasien tahan nafas

33. **KLIK : SCAN PHASE (Proses Scan Ketiga)**

Jika proses scan selesai, nurse radiology segera menghampiri pasien dan memeriksa tanda-tanda fisik pasien dan Radiographer mengecek hasil gambaran scanning apakah hasilnya baik, jika hasil gambaran baik dan pasien tidak ada reaksi apapun maka nurse radiology segera melepaskan iv Line, ECG Triger dan pasien dipersilahkan kembali ke ruang observasi untuk istirahat sejenak dan observasi.

Radiographer segera mengirimkan data retro-recont dari Operating Console CT Scan ke Ruang AW-Consule agar data segera direcont.

Petugas radiographer AW melakukan recont data tersebut dibawah pengawasan dokter spesialis radiologi, antara lain meliputi;

Smart Score

Melakukan perhitungan nilai clasium score pada seluruh pembuluh darah jantung; LMA, LAD, LCX, RCA, dan PDA. Besar nilai Calsium Score dinyatakan dengan satuan Agastone

NilaiKeterangan

0-0 Tidak Ada Plaque

Resiko Cardiovasculer disease sangat rendah

1-10 Minimal Plaque burden

Resiko cardiovascular diseases rendah

11-100 Mild Plaque Burden

Resiko cardiovascular diseases moderate

101-400 Moderate Plaque Burden

Resiko cardiovascular diseases moderate high

Greater than 40 Extensive plaque burden

Resiko cardiovascular diseases very high

3 Dimensi Heart

Lakukan rekonstruksi 3D Heart; buang/cut gambar yang tidak diperlukan a.l; bronkus, gambar soft tissue jaringan disekitar jantung tetapi bukan bagian dari jantung, tulang iga disekitar jantung, dll. Ushakan hasil rekon 3D hanya jantung beserta pembuluh darahnya saja yang ditampilkan. Setelah recont gambar 3D bagus, maka gambar disave. Pastikan bahwa cabang LMA, ujung bawah LCX, dan cabang RCA di tampilkan/tampak.

3 Volume Resolution (3VR)

Setelah recont gambar 3 VR bagus, maka gambar disave; Baik format colour dan format black-white. Biasanya gambar disave dalam tampilan AP dan Superior.

Bikin Movie Untuk 3D Heart dan 3 VR.

Movie, merupakan tampilan dari gambar 3D heart dan 3VR yang akan rotasi 360o kesemua arah.

Multi Planar resolution/ Vessel Analisis

Merupakan tampilan pembuluh darah dan cabang-cabangnya secara multi planar/ coronal-sagital.

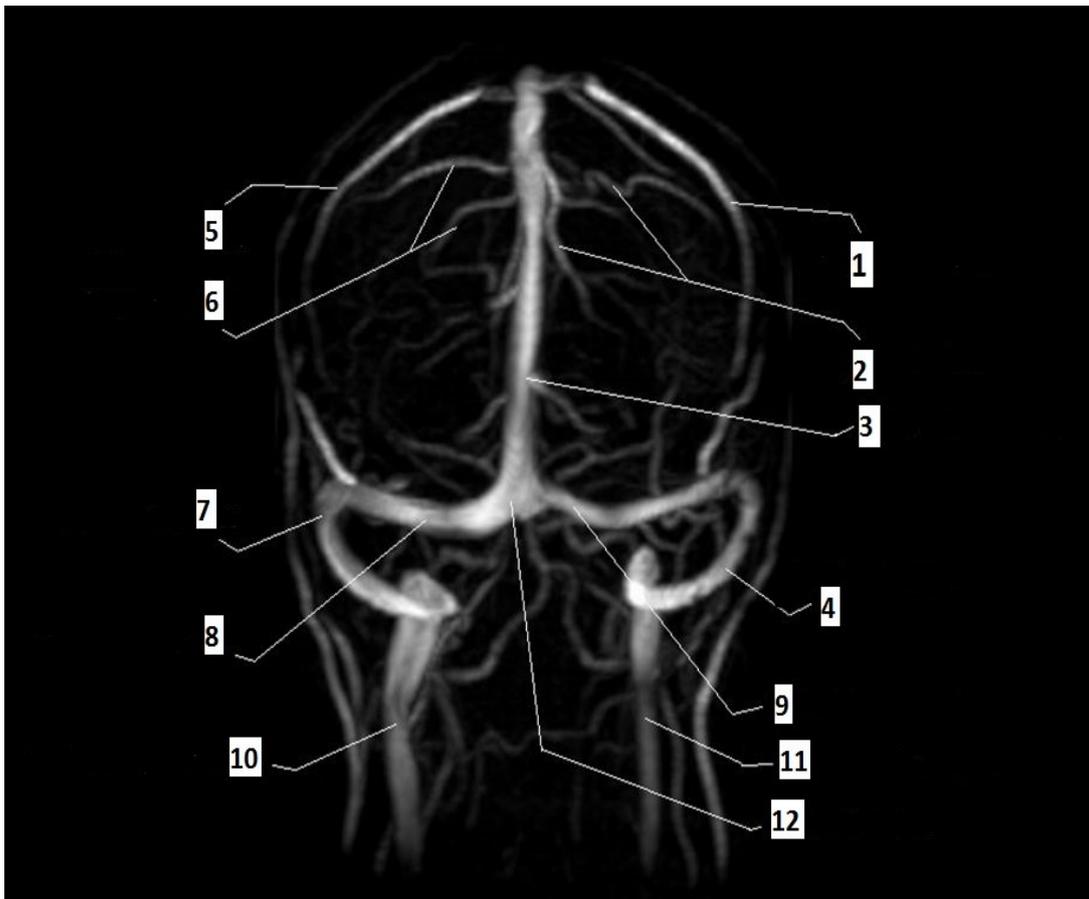
Tampilkan pembuluh darah jantung utama dan percabangannya, serta lakukan perhitungan stenosis jika terdapat plaque burden pada pembuluh darah.

Ejection-flection

Lakukan perhitungan ejection-flection dengan menggunakan sumber data multi phase, Perhitungan ejection-flection memberikan nilai normal yakni 50-60%.
Copy semua data ke CD.

CITRA MRI ANGIOGRAFI

1. Capaian Pembelajaran Mampu mengidentifikasi citra MRI pada pemeriksaan Angografi
2. *Standar Operating Prosedure (SOP)*
 - a) Persiapan
 1. Mahasiswa mengisi/melengkapi lembar praktikum citra MRI pada pemeriksaan Angiografi yang masih kosong dengan menggunakan tulisan tangan
 2. Bagian bagian yang sudah diisi dihafal dan dipahami
 3. Mahasiswa diharapkan sudah mempelajari dengan sungguh sungguh pokok materi praktikum citra MRI pada pemeriksaan Angiografi sebelum praktikum dimulai.
 - b) Pelaksanaan
 1. Mahasiswa mempersiapkan peralatan praktikum, yaitu:
 - a) Radiograf
 - b) Alat tulis
 - c) x-ray viewer
 - d) AL Quran
 - e) Daftar Hadir
 2. Pengampu Praktikum memimpin tadarus Al-Qur'an sebanyak 5 ayat
 3. Pengampu Praktikum menjelaskan gambaran singkat tentang citra MRI Angiografi
 4. Pengampu praktikum membahas/ mengoreksi bersama apa yang telah diisi oleh mahasiswa dan memberikan penjelasan atas hal hal yang belum dimengerti mahasiswa
 5. Pengampu Praktikum menunjuk setiap Mahasiswa untuk menunjukan bagian bagian pada citra MRI Angografi
 6. Pengampu Praktikum memberikan penilaian kepada mahasiswa



Keterangan :

1).....

2)

3)

4)

5)

6).....

Keterangan :

7).....

8)

9)

10)

11)

12).....

PRAKTIKUM KE-18

KALIBRASI HARIAN DAN BERKALA

PRAKTIKUM KE-19

KELEBIHAN PEMERIKSAAN MRI DAN KEKURANGAN PENCITRAAN MRI

3. Capaian Pembelajaran
 - a). Mahasiswa mampu mengidentifikasi pemeriksaan MRI Sistem Persendian
 - b). Mahasiswa mampu menjelaskan kepada pasien tentang persiapan sebelum pemeriksaan MRI Sistem Persendian
 - c). Mahasiswa mampu memahamai prosedur pemeriksaan MRI Sistem Persendian
4. *Standar Operating Precedure (SOP)*
 - a). Persiapan
 4. Mahasiswa mengisi/melengkapi lembar praktikum MRI Sistem Persendian yang masih kosong dengan menggunakan tulisan tangan
 5. Mahasiswa diharapkan sudah mempelajari dengan sungguh sungguh pokok materi praktikum MRI Sistem Persendian sebelum praktikum dimulai.
 6. Satu minggu sebelum praktikum, mahasiswa harus mempersiapkan tugas pendahuluan (TP) praktikum yang berisi materi yang akan dibahas ketika praktikum selanjutnya
 - b) Pelaksanaan
 2. Mahasiswa mempersiapkan peralatan praktikum, yaitu:
 - a). Komputer dan proyektor
 - b). Alat tulis
 - c). Al-Qur'an
 - d). Daftar hadir
 2. Pengampu Praktikum memimpin tadarus Al-Qur'an sebanyak 5 ayat
 3. Pengampu Praktikum menjelaskan gambaran singkat tentang Prosedur Pemeriksaan MRI Sistem Persendian
 4. Pengampu praktikum membahas / mengoreksi bersama apa yang telah diisi oleh mahasiswa dan memberikan penjelasan atas hal hal yang belum dimengerti mahasiswa.

KELEBIHAN PEMERIKSAAN MRI

1. Tanpa menggunakan sinar X.
2. Detail anatomi dan beberapa kelainan terutama pada jaringan lunak seperti otak, sumsum tulang serta muskuloskeletal digambarkan dengan sangat baik
3. Artefak tulang tidak tampak karena kurangnya sinyal dari tulang
4. Banyak pemeriksaan yang dapat dikerjakan tanpa memerlukan zat kontras
5. MRI mampu melakukan pemeriksaan fungsional seperti pemeriksaan difusi, perfusi (menilai distribusi darah baik di otak maupun di jantung) dan menunjukkan parameter biologik berupa metabolisme yang ada di dalam sebuah tumor (spektroskopi)

6. Potongan yang dihasilkan dapat tiga dimensi (aksial, koronal dan sagital) dan banyak potongan dapat dibuat hanya dalam satu waktu tanpa merubah posisi pasien.

KEKURANGAN CITRA MRI

1. Biaya operasional mahal
2. Waktu pemeriksaan cukup lama dibandingkan CT
3. Pencitraan yang kurang baik pada lapangan paru
4. Kalsifikasi tidak mampu ditunjukkan dengan akurat
5. Darah segar pada perdarahan baru tidak divisualisasi sebaik CT
6. Pasien yang mengandung metal tidak dapat diperiksa karena metal dapat terdorong lepas dari posisinya oleh medan magnet yang kuat

Pasien claustrofobia memerlukan anestesi umum.

DAFTAR PUSTAKA

- Bushberg J.T., Seibert J.A., Edwin M. Leidholdt, J.R., Boone J.M., 2002, The Essential Physics of Medical Imaging, Second Edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia USA
- Bushberg, Jerrold T. 2012. The Essential Physics of Medical Imaging. Third Edition. Lippincott Williams and Wilkins: Philadelphia USA
- Bushong, P. 1988. Magnetic Resonance Imaging Physical and Biological Principles. Houston, Texas: Butterworth
- Mitchell, D.E. 1999. MRI Principles. Philadelphia, Pennsylvania: Thomas Jefferson University Hospital.
- Woodward, P. dan Freimark, R.D. 1995. MRI for Technologists. San Francisco, California. Peggy Woodward and Associates
- College of Medicine. Elmaoglu, Muhammed and Azim Celik. 2012. MRI Handbook (MR Physics, Patient Positioning, and Protocols). Springer Science and Business: New York
- Brown, Mark A and Richard C.S. 2010. MRI: Basic Principles and Applications. John Wiley and Sons, Inc. Hoboken, New Jersey: Canada
- Bushong, S.C, 2001. Radiologic Science for Technologists Physics, Biology and Protection. St. Louis: Mosby

