عنوان دوره آموزشی:

تکنیک های مقدماتی MRI و ایمنی در MRI - ۱

تاریخ نگارش:

بهار ۱۳۹۹

اهداف آموزشی:

بعد از مطالعه این بسته آموزشی، از مطالعه کنندگان انتظار می رود با تصویربرداری ام آر آی آشنا شده و تکنیک های مقدماتی ام آر آی را یاد بگیرند و با تصویربرداری های روتین در بخش ام آر آی و همچنین با اصول ایمنی در بخش MRI آشنا شده و یاد بگیرند که ایمنی در تمام بخش های تصویربرداری مهم است و بایستی فردی که می خواهد در بخش ام آر آی کار کند بایستی اول با اصول ایمنی آن آشنایی کامل داشته باشد وایمنی را یاد بگیرد.

شاید این سوال در ذهن ایجاد شود که تصویربرداری ام آر آی با پرتوهای یونیزان انجام نمی شود و با امواج رادیویی انجام می شود بنابراین چه لزومی دارد که با ایمنی آشنا شویم؟

اصلا آیا تصویربرداری ام ار آی خطرناک است؟ از چه چیز ام آر آی باید ترسید و چرا ترسید و چه اقداماتی انجام داد.

روش و نحوه اجرای آموزش:

بصورت عیر حضوری و در قالب کتابخوانی برگزار خواهد شد.

مدت دوره آموزشی :

۲۰ ساعت

ارزشیابی :

به صورت آزمون تستی و چهار گزینه ای خواهد بود. به صورت آزمون تستی و چهار گزینه ای خواهد بود. به صورت آزمون تستی و چهار گزینه ای خواهد بود. به صورت آزمون تستی و چهار گزینه ای خواهد بود.

فهرست

تاریخچه مختصری از تصویربردای تشدید مغناطیسی .....

تاریخچه مختصری از تصویربردای تشدید مغناطیسی ۵

آشنایی با بخش MRI ۷

ایمنی در بیماران باردار ۹

عایق بندی بخش MRI ۱۰

تقسیم بندی ایمنی MRI ۱۱

صداهای موجود در بخش MRI ۱۷

اتاق تکنیکال یا تجهیزات ۱۹

چیلر: سیستم خنک کننده ۲۰

کویل ها ۲۵

تکنیک تصویربرداری موازی(Parallel Imaging) ۳۰

Gatings ۳۵

Concatenation: ۴۶

آشنایی با انواع درخواست های تصویربرداری در MRI ۵۰

MRE = MR Entrography (روده) ۵۲

Perfusion M R I (تصویربرداری پرفیوژنی) ۵۲

Placenta MR (تصویربرداری ازجفت جنین) ۵۳

Fetal MR(جنین) جهت بررسی ناهنجاری های جنینی که از نظر آناتومی قابل تشخیص است. ۵۳

fMRI=functional MRI ۵۳

MRM = MR Mammography (تصویربرداری از سینه) ۵۴

M R S = MR Spectroscopy ۵۵

Diffusion Tractrograph Imaging یا DTI ۵۶

M R U = MR Urography (تصویربرداری از کلیه ها و مجاری ادراری) ۵۶

MRV = MR Venography (تصویربرداری از ورید) (۲ یا سه نوع تکنیک) ۵۷

مروری بر فیزیک ام آر آی ۵۹

مروری بر فیزیک مقدماتی ام آر آی ۵۹

IR (INVERSION RESOVERY) ۶۴

تقسیم بندی سکانس ها ۸۹

گرادیان اکو ۹۷

سکانس EPI: Echo planer imaging ۱۰۲

تاریخچه مختصری از تصویربرداری تشدید مغناطیسی

MRI یک مدالیته تصویربرداری است که در آن برخلاف روش های تصویربرداری دیگر، کنتراست های متفاوتی از بافت ها ایجاد شده تا به تشخیص بیماری و یا سلامتی عضو مورد نظر پی برد؛ در واقع روش تصویربرداری MRI مثل یک چیستان عمل می کند که با توجه به کنتراست های مختلفی که از بافت تهیه می شود، می تواند با دقت ماهیت توده را مشخص سازد و در واقع علاوه بر اطلاعات آناتومیکی می تواند اطلاعات شیمی بافت را نیز برای ما بدهد. قدرت تفکیک کنتراست در MRI بسیار بالاتر از روش های دیگر تصویربرداری است و بنابراین یک روش گلد استاندارد یا طلایی در بسیار از موارد تشخیص و درمانی و حتی هنری!! باشد.

در سال ۱۹۷۰ فیزیکدان و پزشک امریکایی به نام دکتر ریموند دامادین اولین اسکنر ام آر آی را برای تصویربرداری از بدن انسان طراحی کرد و همین مسئله نقطه عطفی را در دنیای تصویربرداری ایجاد کرد.

سکانس اسپین اکوی هان را در دهه ۱۹۵۰ دکتر اروین هان، طراحی کرد. دکتر ارنست در دهه ۱۹۶۰ محور مختصات از و فرکانس بر روی شبکه ماتریس، حساسیت آشکارسازی سیگنال های MRI را افزایش داده و در دهه ۱۹۸۰ آقای پیتر مانسفیلد تکنیک تصویربرداری گرادیان اکو را ابداع کرد.

نحوه تصویربرداریMRI چگونه است؟

محدوده امواج الکترومغناطیسی در طبیعت بسیار وسیع است و در این محدوه، امواجی که توسط انسان ها قابل درک و احساس است خیلی خیلی کم است. به عنوان مثل اگر محدوده امواج الکترومغناطیسی را فاصله بین شهر تبریز تا بندر عباس در نظر بگیریم، محدوده ای که توسط انسان قابل احساس و درک است به اندازه عرض یک انگشت دست خواهد بود!!!! بنابراین کلی اطلاعات در اطراف ما وجود دارد که از طریق امواج ارسال ویا دریافت می

شود و ما از وجود آنها بی خبر هستیم (چه بهتر☺) ولی می توان با استفاده از دستگاههایی آنها را شناسایی و رد یابی و آشکار نمود.

محدوده امواج الکترومغناطیسی که در تصویربرداری ام ار آی مورد استفاده قرار می گیرد تقریبا دارای بلندتری طول موج و پایین ترین سطح انرژی هستند و بسیار پایین تر از انرژی طیف اشعه ایکس و حتی نور مرئی است. طول موج در محدوده امواج رادیوفرکانسی RF بسیار بلند است بنابراین پالس فرکانس رادیویی نام دارد.

آشنایی با بخش MRI

تصویرفوق دستگاه MRI را نشان می‌دهد. دستگاه ام آر آی شامل تخت، مگنت (گانتری) سیستم های کامپیوتری و پردازش تصویر و خنک کننده ها و میز فرمان یا کنسول می باشد. دستگاه ام آرآی شبیه CT است منتهی در MRI معمولا به جای گنتری، Magnet گفته می‌شود و رایج تر است. دستگاه MRI، ۲۴ ساعته دارای میدان مغناطیسی است و با خاموش کردن دستگاه خاصیت میدان مغناطیس از بین نمی‌رود.

فرایند انجام تصویربرداری ام آر آی

اگر فردی برای تصویر برداری به بخش MRI مراجعه کند، ابتدا به قسمت پذیرش مراجعه می کند و پذیرش می شود، سپس به بیمار فرم شرح حال داده می شود تا آن فرم را پر کند و اطلاعات دموگرافیک بیمار از قبیل سن، جنس، شماره تماس و آدرس و وزن را پر می کند و همچنین به سوالاتی که در فرم وجود دارد، از قبیل شرح حال، سوابق بیماری و شرح عمل و علت مراجعه جواب می دهد. "اطلاعاتی که از بیمار اخذ می شود بستگی به بخش های ام آر آی دارد. برخی بخش ها برای کار های تحقیقاتی اطلاعات بیشتری از بیمار می گیرند".

در فرم چند سوال مربوط به ایمنی بیمار وجود دارد: آیا بیمار پیس میکر یا باتری قلبی دارد یا خیر؟ آگر داشت انجام نمی شود.

-اگر بیمار سابقه وجود جسم فلزی از قبیل ساچمه یا ترکش داشت چی؟ از او میپرسیم چند سال پیش ترکش خورده؟

مثلا ۲۰ یا ۳۰ سال قبل هیچ اتفاقی نمی افتد. چون بافت فیبروزه دورترکش را می‌گیرد و وقتی میدان مغناطیسی به آن اثر کند نمی تواند آن را جا به جا کند. البته محل ومکان ترکش خیلی مهم است. ترکش کجاست؟ با یک مثل توضیح داده می شود. اگر درخواست انجام MRI از زانو یا مغز یا گردن باشد ولی ترکش در ناحیه کمر باشد انجام ام آر آی ممکن خواهد بود. ولی اگر از ناحیه ای که ترکش داشته باشد ام آر آی انجام شود، آرتیفکت ایجاد می‌شود.

- اگر بیمار ارتودنسی داشت و در خواست بیمار ام آر آی از مغز یا گردن باشد، شدیدا آرتیفکت ایجاد می شود و توصیه می کنیم زمانی مراجعه کند که ارتودنسی برداشته شده است.

سوال- آیا بیمارانی که پلاتین در ستون فقرات دارند میتوان MRI کرد؟ بله

آیا تصویر با کیفیت از این بیماران بدست می آید؟ خیر چرا انجام میدهیم؟ چون انجام دادنش بهتر از انجام ندادنش است. زیرا بیمارانی که عمل جراحی میکنند و پلاتین میگذارند حتما با و بدون تزریق در خواست میشود و این کمک میکند که بدانیم عفونت دارد یا خیر.

آیا MRI خطرناک است؟بله ممکن است بیمار پیس میکر یا باتری قلب یا کلیپس آنوریسم مغزی داشته باشد اگر بیمار عمودی برود داخل دستگاه، افقی بیرون می آید !!.

پیس میکر جزو کنتراندیکاسیون های مطلق بخش ام آر آی است. (البته امروز از absolute بودن در آورده اند و relative یا نسبی کرده اند یعنی با تمهیداتی می توان ام آر آی انجام داد).

آنوریسم : اتساع دیواره شریانی را آنوریسم می گویند. شریانی که دیوارش نازک میشود بعد خون شریانی به قسمت بادکنکی میرود به آن آنوریسم می گویند که به آن ناحیه کلیپس میزنند که خون واردش نشود که امروزه جنس کلیپس را از مواد دیامغناطیس میسازند و یک برگه گواهی می دهند که اگر بیمار به MRI برود بلامانع است. اما بعضی از کلیپس ها سازگار با MRI نیست (compatible MR) مثلا اگر در مغز بیمار کلیپس آنوریسم وجود داشته باشد ممکن است دستگاه آن را بکشد و بیمار خون ریزی مغزی کند و منجر به مرگ شود.

از بین مشخصات کلی وزن بیمار خیلی مهم است زیرا :

بیمارانی که روی تخت MRI قرار میگیرند، در روی تخت کویل یا آنتن وجود دارد که به آن coil یا آنتن میگویند. اگر وزن بیمار خیلی زیاد باشد نیرویی که به کویل وارد می شود ممکن است مدار های الکترونیکی کویل را که ظریف هستند بشکند. مثلا مریض ۱۲۰ کیلویی ممکن است نیرویی وارد کند کویل بشکند و قطعی ایجاد شود .

مقدار انرژی که از طریق امواج رادیویی به بیمار وارد میشود با واحد w/kg (وات/ کیلوگرم) اندازه گیری می‌شود.

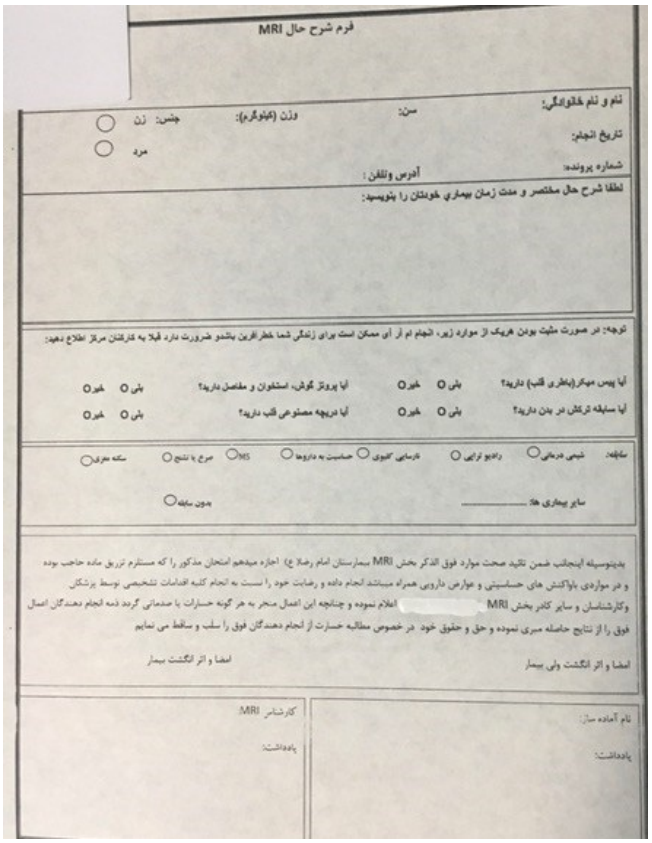
اگر هنگام وارد کردن اطلاعات به دستگاه ام آر آی، ورن بیمار را وارد نکنیم دستگاه اجازه ادامه کار را نمی‌دهد. چرا که برای محاسبه SAR (specific absorption rate) میزان جذب ویژه که دارای واحد w/kg است، نیاز است.

SAR پتانسیل گرم شدن بافت بیمار را به دلیل استفاده از انرژی RF لازم برای تولید سیگنال MR را توصیف می کند و واحد آن W/kg است.

SAR با قدرت میدان، قدرت فرکانس رادیویی و چرخه وظیفه ، نوع سیم پیچ فرستنده و اندازه بدن افزایش می یابد.

ایمنی در بیماران باردار

تصویربرداری ام ار آی از بیماران باردار در سه ماهه اول انجام نمی شود و بعد از سه ماهه اول در صورت نیاز و اورژانسی بودن، طبق درخواست پزشک معالج و با اخذ رضایتنامه کتبی از بیمار و همسر بیمار قابل انجام است منتهی با حداقل سکانس های تصویربرداری باید انجام شود.



فرم شرح حال MRI

نام و نام خانوادگی: سن: وزن (کیلوگرم): جنس: زن ○ مرد ○

تاریخ انجام:

شماره پرونده: آدرس وتلفن :

لطفا شرح حال مختصر و مدت زمان بیماری خودتان را بنویسید:

توجه: در صورت مثبت بودن هریک از موارد زیر، انجام ام آر آی ممکن است برای زندگی شما خطرناک باشد و ضرورت دارد قبلا به کارکنان مرکز اطلاع دهید:

آیا پیس میکر(باطری قلب) دارید؟ بلی ○ خیر ○ آیا پروتز گوش، استخوان و مفاصل دارید؟ بلی ○ خیر ○

آیا سابقه ترکش در بدن دارید؟ بلی ○ خیر ○ آیا دریچه مصنوعی قلب دارید؟ بلی ○ خیر ○

سابقه: شیمی درمانی ○ رادیو تراپی ○ دارسایی کلیوی ○ حساسیت به داروها ○ MS ○ صرع یا تشنج ○ سکته مغزی ○

سایر بیماری ها: _____ بدون سابقه ○

بدینوسیله اینجانب ضمن تائید صحت موارد فوق الذکر بخش MRI بیمارستان امام رضا ع) اجازه میدهم امتحان مذکور را که مستلزم تزریق ماده حاجب بوده و در مواردی باواکنش های حساسیتی و عوارض دارویی همراه میباشد انجام داده و رضایت خود را نسبت به انجام کلیه اقدامات تشخیصی توسط پزشکان وکارشناسان و سایر کادر بخش MRI اعلام نموده و چنانچه این اعمال منجر به هر گونه خسارت یا صدماتی گردد ذمه انجام دهندگان اعمال فوق را از نتایج حاصله مبری نموده و حق و حقوق خود در خصوص مطالبه خسارت از انجام دهندگان فوق را سلب و ساقط می نمایم

امضا و اثر انگشت ولی بیمار امضا و اثر انگشت بیمار

نام آماده ساز: کارشناس MRI

یادداشت: یادداشت:

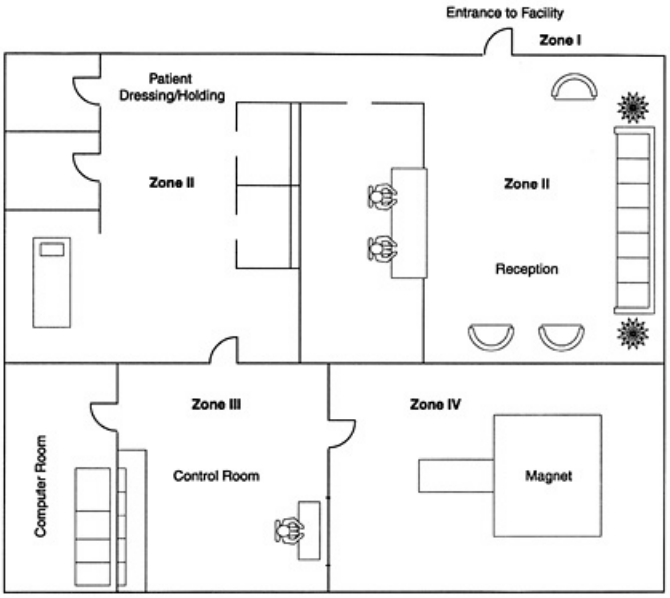
عایق بندی بخش MRI

در بخش MRI همه ی دیوار ها را با مس عایق بندی می کنند. آیا واقعا مس استفاده می‌کنند؟ خیر بلکه آلیاژ هایی از آهن استفاده می‌کنند که ارزان تمام شود.

صفحات آهنی مخصوص را به صورت ورق در کنار هم با پیچ به دیوار ها، سقف و کف می‌زنند.

" اگر سوال داده شود که برای ایمنی و شیلدینگ میدان مغناطیسی از چه فلزی استفاده می‌کنند جواب مس، آلیاژی از آهن و یا استیل است.

تقسیم بندی ایمنی MRI



کالج رادیولوژی آمریکایی چهار منطقه ایمنی را برای MRI تعریف کرده است در برخی منابع پنج منطقه ایمنی را تعریف کرده اند. این نواحی به صورت مناطق I تا IV نشان داده شده است و مطابق با میزان افزایش قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی (و از این رو نگرانی بالقوه ایمنی) تعریف شده است.

Zone 0: ناحیه ای که عمومی بوده و خارج از محوطه تصویربرداری است مثل پارکینگ

Zone 1: ناحیه ای که عمومی است و همه راحت رفت و آمد می‌کنند و هیچ خطری از نظر میدان مغناطیسی ام آر آی هیچ کس را تهدید نمی‌کند ولی شما می توانید تابلوی ورود به بخش MRI را ببینید و میزان شدت میدان مغناطیسی کمتر از ۵ Gause یا 0.5 mT است.

Zone 2:

محلی است که بیمار اسکرین میشود: گیره، سنجاق، سوتین هر چی هست در بیاورند و لباس یکبار مصرف بپوشند.

وقتی بیمار برای شرح حال گیری و پوشیدن لباس هاس یکبار مصرف می آید یعنی مریض وقتی از zone 1 عبور کرده و به zone 2 آمده در این ناحیه معمولا اتاق های رختکن قرار دارد که بیمار لباس یکبار مصرف می پوشد.

دندان مصنوعی آرتیفکت شدیدی می دهند حتما باید در بیاورد.

در بیمارانی که استنت (فنر) دارند بستگی دارد بعضی منابع ۴۵ روز و بعضی ۳۰ روز می نویسند چنانچه ۴۵ یا ۳۰ روز بعد از تعبیه استنت بگذرد کافی است (۴۵ روز بهتر است) اطلاعات بیشتر در این مورد در سایت www.mrsafety.com موجود است.

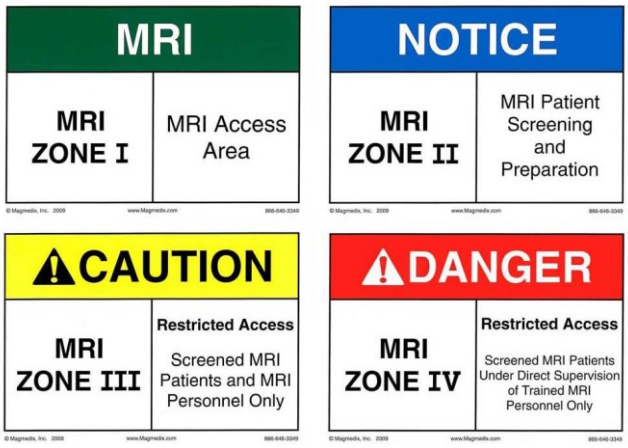
اما اگر مریض فرضا دیروز stent گذاشته خطرناک است قبول نمی‌کنیم حتی اگر پزشک هم گفت سازگار با MRI است قبول نکنید در صورت پافشاری رضایت نامه کتبی اخذ شود.

استنت یک فنر است که داخل شریان قرار می دهند تا تنگی شریانی را برطرف کند. دوراین استنت ها را به مرور زمان بافت فیبروزه اطرافش را میگیرد و دستگاه MRI نمی تواند جابجا اما اگر تازه استنت تعبیه شده باشد ممکن است دستگاه براحتی استنت را جابه جا کند و موجب بروز مشکل برای بیمار بشود. یا در بیمارانی که پیس میکر دارند سیمی که داخل قلب رفته به عنوان آنتن عمل میکند و امواج رادیویی را دریافت می کند و بیمار دچار آریتمی شده ومی میرد.

Zone 3: منطقه ورود ممنوع است، اتاق اپراتور است و محلی که بیمار می‌خواهد وارد zone 4 شود.

Zone 4: این مکان، محلی است که بیماروارد محوطه 5 Gause می شود، محلی که مگنت دستگاه MRI قرار دارد.

در بعضی از مراکز بعد از zone 2 یک خط قرمز می کشند و در بعضی مراکز بعد از zone 3 یک خط قرمز می کشند و یا در بعضی مراکز به جای خط قرمز یک درب شیشه ای که با رمز باز میشود قرار داده می شود. خط قرمز یعنی به محدودی ۵ گاوس وارد شدید یعنی ناحیه ای که تحت تاثیر امواج رادیویی و تحت تاثیر میدان مغناطیسی است و خطرناک می‌باشد.



نکته: وقتی وارد اتاق مگنت می‌شویم دو تا نیرو وارد می شود:

اگر کلید فلزی در دستانمان داشته باشیم کلیدها جلوی در نوسان میکند نیم قدم جلوتر برویم کلیدها افقی میشوند و تغییر جهت می دهند که نشان دهنده ی وارد شدن یک نیرو افقی است چنانچه کلیدها را ول کنیم با سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت رفته و به مگنت می‌چسبد.بنابراین مواظب اشیا فلزی از قبیل خودکار فلزی و پنس و تیغ بیستوری یا جراحی باشید.

دو نیرویی که گفتیم : ۱- نیروی translational ۲- نیروی rotational

اشیا چون کلید مشکل ایجاد نمیکند و به راحتی کنده میشود ولی اگر اشیا بزرگتری مثل تخت بیمار بچسبد دیگر نمی توان کند . چون خودش به آهنربا تبدیل میشود مگر اینکه ۱۰ یا ۲۰ نفر با طناب بکشند. " دستگاه خاموش نمیشود یک دکمه off دارد که اگر آن را فشار دهیم دستگاه خاموش می شود (کامپیوتر اتاق اوپراتور و برق مگنت). اما دستگاه خاصیت مغناطیسی را دارد. در موارد اورژانسی یک دکمه ی قرمز رنگ بنام کلید Stop است که در صورت فشار داده شدن، هلیم دستگاه تخلیه شده و دستگاه خاصیت مغناطیسی خودش را از دست می دهد به عبارتی دیگر می گوییم دستگاه Quench کرده است و هلیوم دستگاه بخار می شود و توسط یک لوله ای که معمولا به هوای آزاد ارتباط دارد می رود .

دریچه قلبی: اگر بیمار اظهار کند که عمل جراحی دریچه قلب شده است باید مطمئن شویم که سازگار با ام آر آی است بنابراین بایستی از پزشک معالج برگ بلامانع برای انجام ام آر آی را بیاورد.

بیمارانی که پروتز دارند : مشکلی که ایجاد می‌کند عبارتند از : ۱- بِکِشد ۲- سبب ایجاد گرما شود و پوست بیمار بسوزد اما معمولا ام آر آی انجام می شو مگر اینکه جنس آن طوری باشد که موجب ایجاد آرتیفکت شدید شود.

بیمارانی که دارای استنت های آئورت هستند بایستی برگه سازگاری با ام آر آی را از پزشک معالج بیاورند همچنین بستگی به ناحیه مورد ام آر آی دارد. اگر ام آر آی از شکم و لگن و کمر باشد انجام ام آرآی به علت ایجاد آرتیفکت فلزی ویا susceptibility مقدور نخواهد بود.

کلیپس های شریان کاروتید : حتما باید گواهی داشته باشد و بدانیم سازگار با MRI است یا خیر

ارتودنسی: بهتر است روزی انجام شود که سیم های ارتودنسی برداشته شود مراجعه کنند یا وقتی که MRI زانو ، یا کمر و یا دیگر نواحی است مشکلی ندارد ، اما در تصویربرداری از مغز و گردن معمولا آرتیفکت succeptibility می دهد و قسمتی از تصویر را لو سیگنال می کند و بهتر است فقط در مواقع اوژانسی MRI انجام شود.

باید بیمار را قبل از ورود به اتاق مگنت دستی چک کنید که سوتین ، گیره ، سنجاق و ... نداشته باشد و هم شفاهی می پرسید.

نکته مهم: وقتی MRI انجام می دهیم گاها تکرار می نویسند و یا سکانس تکمیلی می خواهند بیمار یک هفته بعد مراجعه میکند . ممکن است در عرض یک هفته پیس میکر گذاشته ما خبر نداشته باشیم و حتما دوباره می پرسیم که آیا باتری قلبی دارد یا نه؟ خیلی مهم است .

بیمارانی که کلاسترو فوبیا دارند: ترس از محیط بسته دارند خیلی خطرناک است که MRI شوند. باید توجه کنیم و توضیحات لازم را به بیمار بدهیم و موسیقی باز کنیم. البته تکنیک های جدید آمده و یا یک قرص آلپرازولام می دهیم و نیم ساعت بعد تصویر می گیریم.

بیمارانی که روی تخت نمی‌توانند بخوابند مثل کودکان، داروی آرام بخش داده می شود یا بیهوشی موقت می شوند.

حواسمان باشد که ترالی های اورژانس را نمیتوان به بخش MRI برد مگر این که با MRI سازگار باشند، حتی گوشی پزشکی را می کشد.

میدان مغناطیسی نباید تحت تاثیر امواج رادیویی بیرون قرار بگیرد . یعنی علاوه بر این که شیلد اتاق مهم است حتی امواج رادیویی که از بیرون می آید خیلی مهم است و نباید وارد اتاق مگنت شود.

موقع نصب با یک دستگاه واکی تاکی همان بی سیم پلیس با برد کمتر مثلا ۲۰ متر یا ۳۰ متر یا ۵۰ متر از آنها یکی داخل اتاق مگنت و یکی در اتاق اپراتور قرار می دهند موج رادیویی می‌فرستند دستگاه واکی تاکی (بی سیم) که داخل است یا دستگاهی که بیرون است نباید سوت بزند در صورت عبور امواج معمولا به جاهایی که امواج عبور می کند صفحه مسی می‌چسبانند.

اگر موبایل را داخل اتاق مگنت ببرید اولین اتفاق دشارژ شدن موبایل است یعنی باتری موبایل خراب می شود. کارت های بانکی می سوزند. همچنین موبایل موقع تصویربرداری ام آر آی تصاویر را خراب می کند یعنی اگر گوشی تلفن همراه در اتاق مگنت بماند ممکن است که تصاویر مان خراب شود.

روشنایی اتاق مگنت خیلی مهم است و بایستی در اتاق مگنت از لامپ هایی برای روشنایی استفاده شود که ترانس نداشته باشند و با برق مستقیم کار کنند.

کوئنچ (تخلیه هلیم) در مواقع اورژانسی استفاده می‌شود.

FDA : اعلام کرده است اندازه انرژی که به بیمار داده میشود حداکثر آن w/kg ۴ است و نباید بیشتر از آن تجاوز کند. یعنی ما شروع به تصویربرداری می کنیم و با هر بار تصویربرداری و انجام سکانس های ام آر آی مثلا T1،T2, و... SAR بیمار افزایش می یابد یعنی در گوشه سمت راست دستگاه SAR یا انرژی جذب شده توسط بیمار نشان داده می شود.

سر : ۳ w/kg (چشم ، چشم ، یه دهن ☺) می شود ۳ (۲تا چشم ۱ دهن)

بدن : ۸ w/kg رمز استاد ۸ شبیه بدن است!

موقع انجام MRI دستگاه پیام می دهد که SAR 100% شده است یعنی مریض w/kg ۳ را دریافت کرده اگر بخواهیم سکانس اضافه بگیریم ارور می دهد : " SAR limit " بعد مینویسد : 1- first level، 2- normal level یعنی بیماری که امواج رادیویی دریافت کرده X مقدار دمایی بدنش ۱ الی ۲ درجه بالا می رود . اگر ادامه بدید ممکن است تغییر دما را احساس کند و دستگاه توصیه می کند که از Normal level استفاده بکند. که اگر ما استفاده کنیم یعنی نرمال لول را انتخاب کنیم، تعداد برش های ما را اتوماتیک وار کم می‌کند که بیمار انرژی کمتری را دریافت کند ولی اگر ما در پروتکل برش هایمان را طوری تنظیم کرده ایم که کپی هم باشند در صورت انتخاب نرمال لول، برش های ما از کپی بودن در می آیند و تکنیک مان اشتباه خواهد بود. بنابراین حتما first level ر انتخاب می کنیم.

First level: یعنی تعداد برش هایت را کم کن مثلا تنظیم کردیم ۲۰ تا برش بگیرد ، first level پیام می دهد که نه بهتر است ۱۵ برش بگیری دما بالا می رود و این اشکال ایجاد میکند نباید first level را انتخاب بکنیم. می گوییم که ما normal level را میخواهیم که همان ۲۰ تا برش را داشته باشیم و تا را ادامه بدهیم و هشدار می دهد که دمای مریض ۱ درجه بالا می‌رود می‌گوییم عیبی ندارد و هیچ اتفاق نمی افتد یا normal level انتخاب می کنیم و ۳۰ ثانیه صبر می‌کنیم که پیام برود (منتهی اگر حواسمان نباشد Normal level بزنید کل تصاویر خراب می‌شوند).

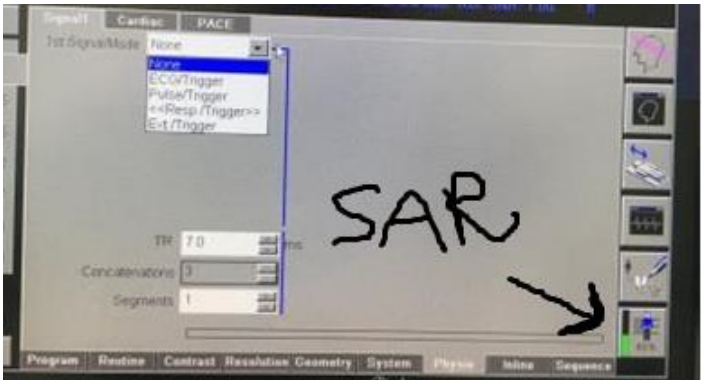


Figure ۱ نشانگر SAR

Figure ۲پیام SAR

صداهای موجود در بخش MRI

وقتی وارد بخش MRI میشود دو تا صدا شندیده میشود صدا از نظر دستگاه یک صدای چوح .... چوح .... چوح .... است که مربوط به صدای کمپرسوراست که بعدا توضیح می دهم و یکی صدایی است که موقع تصویربرداری می شنوید..... تاااق تاااق .... دردردردر ... مثل رگبار است . این صدا ناشی از سوئیچ بین گرادیان ها است که البته وقتی تصویربرداری می شود، شنیده می شود. گرادیان x ,y , z را داریم که گرادیان برق را مستقیما دریافت میکند و خودش صدا ایجاد میکند مثل رعد و برق. هر چه قدر سکانس هایی که استفاده میکنیم گرادیان بیشتری اعمال شود صدای سکانس هم بیشتر میشود. برای جلوگیری از صدا به مریض هدفون داده میشود و موزیک پخش میکنیم. واقعا هدفون نیستند بلکه هدایت گر صدایی هستند که از اتاق کنترل وارد میشوند و آهن ربا ندارند.

مگنت MRI قطر حداکثر ۷۰ دارند. برخی دستگاه ها کمتر میشود مال فیلیپس ۶۵ سانتی متر است مال زیمنس ۷۰ سانتی متر است.

حواسمان باشد فاصله ی انژکتور تا مگنت حتما باید ۲ متر باشد. خاصیت مغناطیسی مگنت روی کارکرد انژکتور اثر گذاشته و کار نمی‌کند.

روشنایی که برای اتاق MRI استفاده می‌شود بایستی از لامپ های هالوژنی که با برق مستقیم کار می کنند استفاده شود. از لامپ هایی که ترانسزیستور دارند مثل لامپ های کم مصرف و یا لامپ معمولی نمی شود

استفاده کرد چون بر روی تصاویر نویز می اندازد و سبب آرتیفکت می شوند. اما لامپ های MRI هالوژنی هستند که با برق مستقیم کار می کنند. بنابراین هر لامپی را در اتاق مگنت MRI نمی توان استفاده کرد.

یک روز متوجه شدیم که تصاویر دستگاه کاملا نویزی شده است بعدا متوجه شدیم که لامپ هایی که برای اتاق مگنت استفاده شده است اشتباهی از لامپ های کم مصرف استفاده شده است که دارای ترانزیستور در داخل آن ها است بنابراین با خاموش کردن چراغ ها و انجام مجدد سکانس ها تصاویر درست شد.

Figure ۳لامپ هالوژنی DC|

از نظر ساختاری بخش MRI

Technical room
Magnet room
Operator room

چیدمان به شکل بالاست. بین اتاق اپراتور و اتاق مگنت یک پنجره وجود دارد مثل شیشه است که جنس شیشه آن شیشه معمولی است منتهی تور مسی میگذارند (۲ لایه) یعنی شیشه تور مسی . تور مسی شیشه امواج رادیویی وقتی به این تور ها می‌خورد بر می‌گردد اگر یک الک با تورهای فلزی روی رادیو بگذارید خوب آنتن نمی‌دهد. چون جلوی امواج با شبکه های توری گرفته می‌شود .

بین اتاق تکنیکال و اتاق مگنت یک رابطه وجود دارد.

اتاق تکنیکال یا تجهیزات

صدای چوح .... چوح .... چوح .... از اتاق تکنیکال می آید (اتاق تجهیزات)

در اتاق تجهیزات یک کابینت است که مثل کمد لباس است . یک منبع تغذیه یا power supply قرار دارد و یک چیلر و یک پمپ هلیم وجود دارد.

اگر پرسیدند در اتاق تکنیکال چه چیزی وجود دارد؟ یک کابینت گرادیان RF وجود دارد. پاور سوپلای (منبع تغذیه) ، چیلر و پمپ هلیم

داخل کابینت سیستم های کامپیوتری و لوله های حاوی آب هستند که برای خنک کردن گرادیان ها استفاده می شود.

چنانچه برق برود یا آب قطع شود دستگاه میخوابد . چون کافی است نیم ساعت سکانس بگیریم و گرادیان هایی که آب داخل مگنت میبرند مگنت سریعا گرم میشود و آب نقش خنک کنندگی دارد.

داخل مگنت لوله هایی است که داخل آن ها آب خنک ۱۰ درجه بالای ۰ وجود دارد و کارش این است که گرادیان های x,y,z را خنک کند زیرا در اثر کار کردن گرم می‌شوند. آب داخل رفته رفته گرم شده باید بیرون بیاید و این آب گرم توسط چیلر سرد شود.

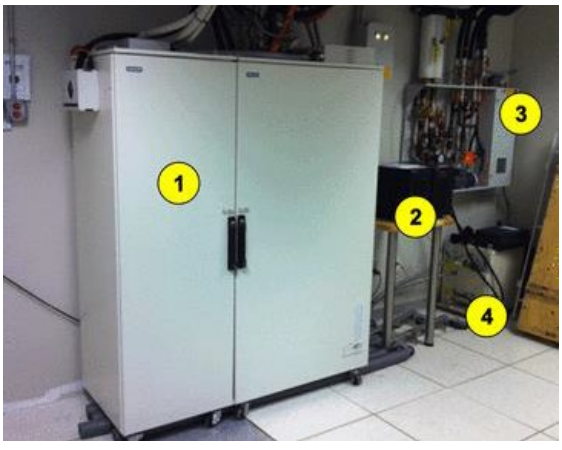


Figure ۴ ۱: کابینت حاوی لوله های آب، سیستم کامپیوتر، ۲: پمپ آب ۳: لوله های چیلر آب ۴: پمپ هلیوم

Figure ۵ کابینت محتوی کامپیوترها و لوله های خنک کننده گرادیان ها

چیلر: سیستم خنک کننده

پس لوله ها یکی حاوی آب گرم و دیگری آب سرد است. پس اگر آب قطع شود یا مشکلی در سیستم خنک کننده دستگاه اتفاق بیوفت دستگاه سریع آلارم میدهد که گرادیان ها گرم شده است تصویر برداری را باید متوقف کنیم و دستگاه را خاموش کنیم.

Figure ۶ لوله های آب چیلر

Figure ۷سیستم چیلر یا خنک کننده آب که معمولا در حیاط یا پشت بام قرار داده می شود.

داخل کابین سیستم های کامپیوتری که پشت سر هم واقع شده اند تمام دستورات , axial ,coronal , T1 T2 این قسمت در اتاق تکنیکال اعمال میشود و دستورش به اتاق مگنت ارسال میشود. TR را کاهش یا افزایش می‌دهیم.

چیلر داخل اتاق تکنیکال است که آب گرم را سرد میکنند و دوباره داخل دستگاه به کویل های x,y,z می رود در پست یا حیاط خلوت میگذارند.

پمپ هلیم : صدای چوح ... چوح .... مربوط به این است یعنی هلیم را برای خنک کردن cold head تزریق میکنند.

Cold head کارش این است که هلیم توسط پمپ هلیوم به cold head تزریق میشود. تا Cold head که جسم مسی خنک شود و هلیم که داخل مگنت است در اثر کارکرد گرادیان ها گرم شده و بخار میشود و در اثر برخورد گاز هلیوم به کولد هد گاز به مایع تبدیل می شود (میعان) و هلیوم دوباره به مخزن بر می‌گردد.

خیل خیلی مهم است که cold head دستگاه درست کار کند اگر یک روز کار نکند سطح هلیوم دستگاه پایین می آید اگر سطح هلیم دستگاه از ۵۰٪ بیشتر پایین بیاید دستگاه کوئنچ میکند یعنی کل هلیم را خالی میکند. پس خیلی مهم است که cold head روشن باشد.

اگر پمپ هلیم خراب شود و هلیم را به cold head تزریق نکند یا cold head خراب شود دستگاه خاصیت مغناطیسی اش را از دست میدهد. بنابرین اولین کار هنگام سر کار رفتن چک کرن سطح هلیوم است. یک

بخشی در سیستم است در برخی دستگاهها در اتاق تکنیک است و در برخی دستگاه ها در اتاق اوپراتور است

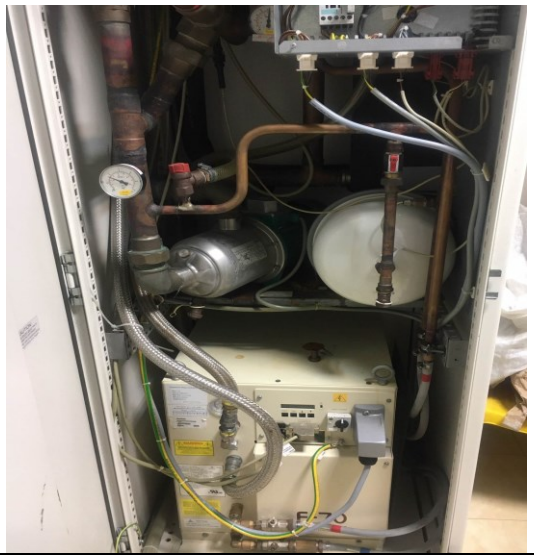


Figure ۸سیستم خنک کننده آب و پمپ هلیوم

که درصد هلیوم را از آنجا چک می‌کنند که باید سطح هلیوم طی روز های گذشته خیلی تغییر نکرده باشد.

صدای جیک جیک ناشی از تزریق با فشار هلیم به لوله هاست که همیشه شنیده می‌شود اگر نشنویم خطرناک است.

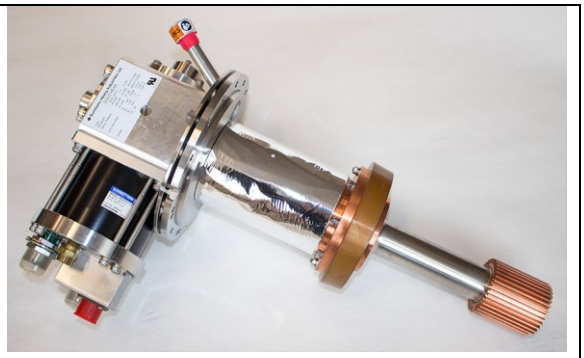


Figure ۹ Cold Head که در قسمت فوقانی مگنت قرار دارد.

□□□□□!

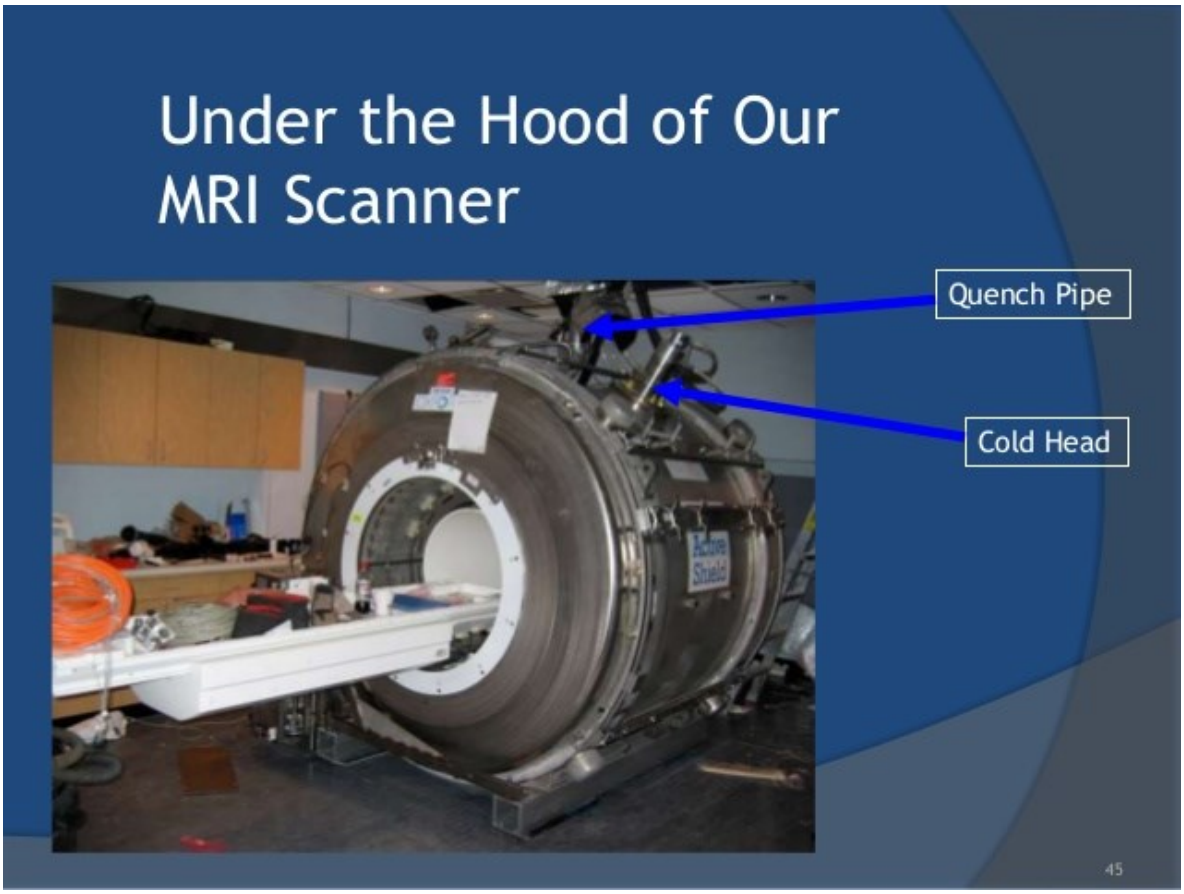


Figure ۱۰موقعیت کلد هد در قسمت فوقانی مگنت

چند نکته در تصویربرداری MRI :

اگر فردی در قسمت مورد نظر برای تصویربرداری MRI تاتو داشته باشد، تصویربرداری انجام می گیرد ولی پوست آن ناحیه می سوزد.

لباس های پشمی الکتریسیته ساکن ایجاد می کنند و باعث آرتیفکت شدید در تصویربرداری خواهند شد.

زیورآلاتی از جنس طلا و نقره ایجاد آرتیفکت نمی کنند؛ زیرا این عناصر دیامغناطیس هستند و جذب آهنربا نمی شوند. البته اگر این زیورآلات قفل یا اتصالات آهنی داشته باشند (مانند بعضی گردن بندها و سینه ریزها)، باید درآورده شوند.

مریضی که برای MRI مراجعه می کند باید دست و صورت خود را بشوید و هیچ آرایشی روی صورت خود نداشته باشد زیرا مواد آرایشی حاوی آهن هستند و شدیدا آرتیفکت ایجاد می کنند.

Equipments of MRI

پمپ هلیوم (Helium Compressor) : صدای سوت مانند دستگاه MRI مربوط به این دستگاه است.

اگر پمپ هلیوم آژیر بکشد باید سطح هلیوم آن را بررسی کرد. اگر این کار انجام نگیرد ممکن است هلیوم آن خالی شود و دستگاه MRI کاملا از کار بیفتد. دستگاه زیمنس این قابلیت را دارد که کارشناس از اتاق کنترل پشت کامپیوتر دستگاه هر روز سطح هلیوم را بررسی کرد ولی در دستگاه GE این پمپ هلیوم در داخل اتاق Technical است و هر روز یک نفر باید سطح هلیوم و فشار آب و ... را بررسی کند.

کویل ها

یکی دیگر از تجهیزات مورد نیاز و استفاده در MRI کویل ها هستند.

کویل معادل کاست در رادیوگرافی آنالوگ است و در MRI برای دریافت سیگنال از Coil استفاده می کنیم. اندازه کویل باید متناسب با عضو مورد نظر باشد.

کویل های MRI انواع مختلفی دارند از جمله:

Body Coil: کویل بادی در قسمت داخلی تونل مگنت قرار دارد و از قسمت قدامی تونل مگنت شروع شده و تا قسمت خلفی ادامه می یابد. کار این کویل ارسال و دریافت امواج رادیویی است (یعنی اگر ما هیچ کویل دیگری به بیمار نبندیم و بیمار را داخل تونل مانند کویل Body بگذاریم، تصویر ایجاد خواهد کرد) این کویل هم فرستنده و هم گیرنده امواج است.

Volume Coil (کویل حجمی):

کویل زانو : مریض می خوابد و زانوی خود را داخل این کویل قرار می دهد و MRI انجام می گیرد. این کویل نیز مانند کویل Body هم گیرنده و هم فرستنده امواج رادیویی می باشد (غیر این دو نوع کویل، بقیه کویل ها فقط گیرنده هستند).

در برخی منابع نوشته شده است که کویل مغز هم فرستنده است و هم گیرنده که این غلط است. کویل مغزی که مدنظر نویسنده کتاب است کویلی است که مخصوص مغز طراحی شده است و داخل Bore دستگاه می رود که در دستگاههای روتین مورد استفاده قرار نمی گیرد و ممکن است در مراکز تحقیقاتی استفاده شود.

۲ نوع Body Coil وجود دارد: ۱- داخل مگنت ۲- سطحی (Surface Body Coil): کویل بادی سطحی مثل یک صفحه هستند و حجمی نیستند. این کویل ها را می توان دور عضو مورد نظر پیچید. در مواردی مانند تصویربرداری ریه، جنین، شکم (روی شکم و یا لگن و یا اگر دو کویل سطحی بادی داشته باشیم هم در روی شکم و هم در روی لگن قرار داده می شود.

ولی اگر اندازه کویل سطحی کوچک باشد به آن کویل سطحی Flexible گفته می شود و بادی گفته نمی شود. از کویل های سطحی می توان در تصویربرداری ،مچ دست (به مچ دست می پیچند)، بازو و آرنج استفاده می شوند. این کویل های سطحی در ۳ اندازه وجود دارند: Small ، Medium، و Large (تنه).

* اگر درخواست لگن و شکم باشد دوتا کویل سطحی می گذاریم یکی در قسمت فوقانی برای شکم و یکی در ناحیه لگن

* براری بررسی آنومالی و ناهنجاری های مادرزادی از جنین MRI درخواست می شود. البته MRI جنین مشکل است چون جنین زیاد حرکت می کند و فقط سکانس های T2-Haste گرفته می شود منتهی به صورت آگزیال و کرونال و ساژیتال واقعی از جنین نه مادر.

لازم است همین جا یک نکته را یادآوری کنم که تصویربرداری از جنین الف) برای بررسی ناهنجاری های جنینی است یا ب) برای بررسی چسبندگی جفت به میوم رحم. که مورد دوم خیلی خیلی اورژانسی است چون مادرِ جنین دچار خونریزی می شود وممکن است جان خود را از دست بدهد.

* در تصویربرداری جنین، سونوگرافی User Friendly است و توسط رادیولوژیست قابل تشخیص است ولی در MRI و در صورت وجود تومور در جنین، نتیجه به صورت آناتومیکال قابل بررسی است.

کویل سطحی شکم

کویل های آرایه فازی(Phased Array Coils) یا ماتریکس: علت نامگذاری این است که این کویل ها المنت های متعدد دارد. به ۴ تا المنت یک خوشه یا Cluster می گویند. هر کدام از این المنت ها نقش یک کویل کوچک را دارند و هر کدام دریافت کننده های مجزایی دارند که توسط پین هایی به دستگاه متصل می شوند. برحسب نوع شرکت این سگمنت ها نوع قرارگیری هایشان متفاوت است و ممکن است ۳ تا بالا و ۳ تا پایین باشد و ... . داخل هر سگمنت یک خوشه یعنی ۳ تا المنت وجود دارد. که هر کدام میتواند به صورت مجزا تصویربرداری کند.

Endorectal Coils

کویل هایی که داخل رکتوم گذاشته می شوند. در خانم ها برای بررسی واژن ،رحم و ضمائم و در آقایان برای بررسی پروستات کاربرد دارند.

کویل رکتوم

Loop Coils

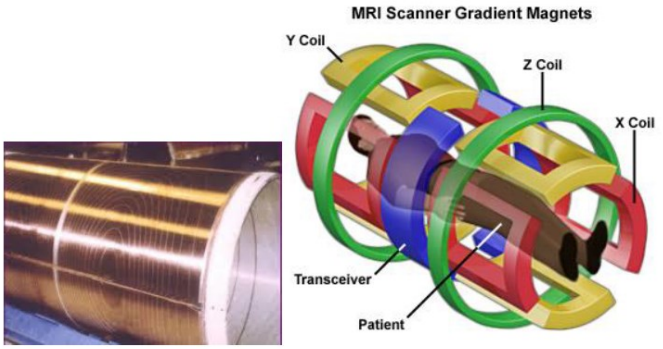
اندازه های مختلف دارند و باید مناسب عضو مورد نظر باشند.با این کویل ها از انگشت، مچ دست، اربیت و TMJ می توان تصویر گرفت.

Breast Coil

مریض لباس یکبار مصرف می پوشد طوری که قسمت قدامی لباس باز بماند و به صورت prone می خوابد و breast ها را داخل کویل قرار می دهد و گیره ها سفت می شود و بالشتک های مکانیکی پستان ها را کاملا فشار می دهند (مانند ماموگرافی تا اگر ضایعه ای وجود داشته باشد بهتر تشخیص داده شود).

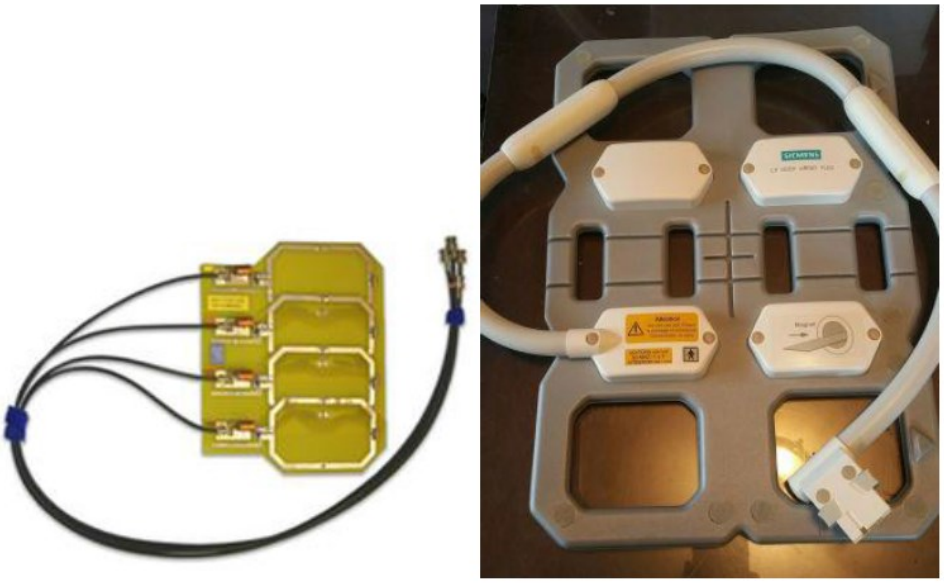
Gradient Coils

صدای تق تق دستگاه ناشی از این کویل هاست که داخل bore هستند و دیده نمی شوند. کویل های گرادیان در محورهای XYZ قرار می گیرند.



تکنیک تصویربرداری موازی(Parallel Imaging)

اشاره شد که هر المنت می تواند به صورت مجزا از قسمت مورد نظر تصویر برداری کند. مثلا در MRI مغز، هر قسمت از کویل مغز سیگنال یک ناحیه را دریافت می کند و در واقع با هم و به صورت موازی تصویربرداری انجام می دهند که به این تکنیک، تصویربرداری موازی می گویند. به طور کلی یعنی تصویربرداری همزمان که توسط کویل هایی آرایه فازی صورت می گیرد در داخل کویل های آرایه فازی المنت وجود دارد که هر کدام از این کویل ها یک قسمت را تصویربرداری می کنند و در نهایت همه بازسازی می شوند و یک تصویر می دهند.



کاربرد : ممکن است مریض کودک یا بدحال باشد و نتواند همکاری بکند. ما به جای اینکه یک تصویر بی کیفیت بگیریم می توانیم تصویری با کیفیت اندکی پایین تر ولی به صورت سریع و در زمان کم تهیه کنیم که از تکنیک تصویربرداری موازی استفاده می کنیم.

* دستگاه های MRI دارای کانال(Channel) های مختلفی اند مانند ۸ یا ۱۸ یا ۳۲ کاناله.

اینها بر می گردد به کویل ها یعنی یک دستگاه ۸ کاناله همزمان با ۸ خوشه می تواند تصویربرداری کند. برای مثال پشت دستگاه نشسته ایم و کل کویل ها را نیاز داریم مثلا در تصویربرداری مغز و گردن تمام کویل ها و المنت های مغز و گردن لازم است و باید سیگنالش گرفته شود اما دستگاه ۸ کاناله است و اجازه نمی دهد که هم المنت های مغز و هم المنت های گردن همزمان روشن باشد. مثلا قسمت قدامی را روشن کرده ولی المنت های قسمت خلفی را خاموش می کند ولی اگر دستگاه کانال بیشتری داشته باشد مثلا ۳۲ کانال ، می تواند از ۳۲ کانال همزمان و موازی تصویربرداری انجام دهد.

* با دستگاه هایی که تعداد کانال بیشتری دارند می توانیم تصاویر با کیفیت و رزولیشن فضایی بالا تهیه کنیم و حتی با زمان های پایین تر تصویربرداری انجام دهیم.

* اگر بخواهیم یک تصویر کرونال از ریه ، شکم و لگن بگیریم ؛ دستگاه ۱۸ کاناله نمی تواند از تمام کویل ها و المنت ها استفاده کنیم و باید دستگاه ۳۲ کاناله باشد تا تمام کویل ها روشن باشند.

* کل اندام را بخواهیم بگیریم از قبیل گردن، سینه، شکم و لگن ۳۲ کاناله نیز پاسخگو نخواهد بود.

* کاربرد کلی تکنیک تصویربرداری همزمان: ۱- بهبود اطلاعات و رزولیشن فضایی است(چون به جای اینکه اطلاعات را به صورت یک کویل دریافت کند، المنت های کویل به صورت جداگانه هر کدام تکه ای از اطلاعات را دریافت می کنند و کیفیت تصویر بالا می رود.

۲- در تصویربرداری از کودکان ۳- تصویربرداری ارگان هایی که باید بیمار نفسش را نگه دارد و زمان طولانی نمی تواند.

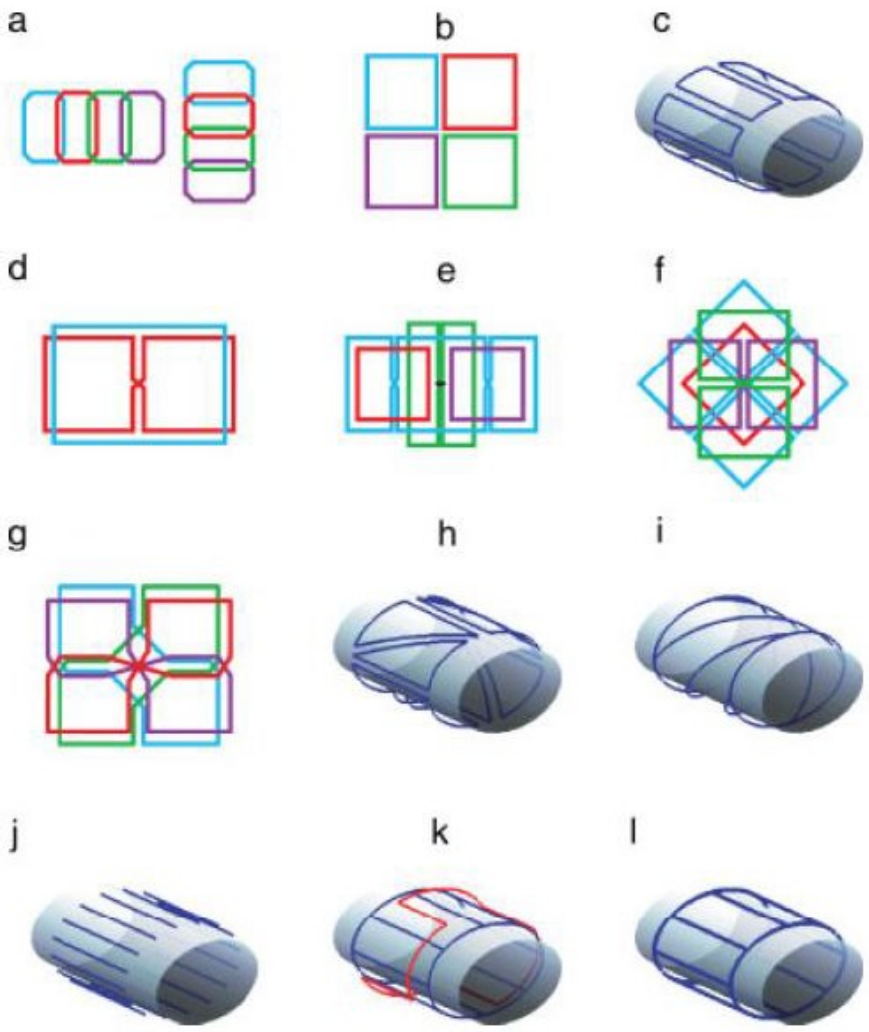


Figure 3. Schematic illustration of several coil array described in this text. Only the major geometrical features of each coil array are depicted, and the element numbers and coil dimensions may not exactly match those of the cited references. (a) Linear arrays of loop coils; (b) 2×2 grid of loop coils. (c) 'Wrap-around' arrangement of eight loop coils. (d) Quadrature pair of butterfly and loop coils (20). (e) 'Saddle-train' coil (45); red and purple elements are simple loops, green element is a single butterfly, and blue element is a double-twisted saddle train coil. (f) 'Concentric' coil array (49,50); the red coil is a simple loop, green and purple elements are two-lobed butterfly coils in perpendicular orientations, the blue coil is a four-lobed cloverleaf element. (g) 'Diagonal' coil array (51); blue and green coils are top logically simple loops in diagonal orientations; red and purple elements are crossed saddle elements, also in diagonal orientations. (h) Triangular coil array (53,111), with eight right-triangular elements. (i) Spiral birdcage coil (16,55). (j) TEM-resonator arrays. (k) Degenerate-mode birdcage coil (66). Red conductor is used to simultaneously resonate the uniform and gradient modes. (l) Birdcage coil designed to produce spatial harmonic sensitivities (15) (details of conductors not shown).

IPAT (Integrated Parallel Acquisition Technique)

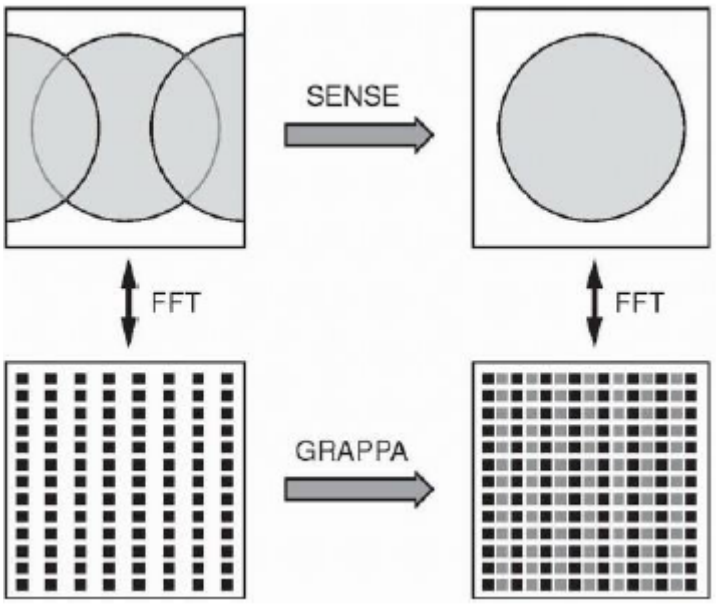
با استفاده از این تکنیک(تصویربرداری موازی) زمان تصویربرداری ۲ یا ۳ برابر کاهش می یابد. نحوه کاهش زمان به این صورت است :

MSENSE: مبنای MSENSE ، Image است یعنی یک تصویر از یک المان کویل، یک تصویر از المان دیگر و تصاویر دیگری از المان های های دیگر همان کویل را جمع می کند و یک تصویر می دهد. یعنی ابتدا تصاویر به صورت تکه تکه جمع شده و بعد آنها را کنار هم قرار می دهد و یک تصویر تشکیل می شود.

GRAPPA: در این روش، به جای اینکه کل فضای K را تصویربرداری بکند، یک در میان تصویربرداری می کند و مابقی را خودش بازسازی می کند. یعنی سیگنال را گرفته و فضای K را یک در میان پر می کند و تصویر را بازسازی می کند. این روش اشکال ایجاد نمی کند فقط کیفیت تصویر و SNR پایین می آید ولی در عوض ۲ یا ۳ برابر زمان کمتر می شود و تصویر قابل تشخیص و گزارش است.

GRAPPA روش روتین تری است. زیرا در روش mSENSE از روی تصویر بازسازی انجام می‌شود ولی در روش GRAPPA از روی data بازسازی انجام می شود و در نتیجه میزان بروز آرتیفکت در روش mSENSE خیلی بیشتر از روش GRAPPA است.

* در روش GRAPPA شاید نصف اطلاعات از دست برود ولی تصویر قابل تشخیص و گزارش است.



Gatings

از تجهیزات دیگری که در بخش ام آر آی مورد استفاده قرار می گیرد Gatingها هستند.

اطلاعات گیری را با سیکل قلبی، سیکل تنفسی یا نبض همزمان سازی می کنند. ۳ نوع هستند :

Respiratory Gating B. Pulse Gating C. ECG Gating

جزو تجهیزات MRI هستند و شارژر دارند یعنی روش کار آنها در دستگاه زیمنس به گونه ای است که از طریق بلوتوث به دستگاه ام آر آی سیگنال می فرستند و بعد از مدتی که مورد استفاده قرار بگیرد نیاز به شارژ باتری خواهند داشت که معمولا شارژر آنها در اتاق اوپراتور است و روی شارژر قرار می گیرند و شارژ می شوند.

در ECG Gating در قسمت انتهایی ۳ تا سیم وجود دارد به لید سینه ای و پوست بیمار متصل می شوند و نمودار PQRST در مانیتور نشان داده می شود.

در Respiratory Gating یک بالشتک است و شیلنگ وجود دارد. وقتی بیمار روی تخت دراز می کشد بالشتک در روی شکم بیمار قرار می گیرد و به وسیله باند پلاستیکی مخصوص خودش محکم می شود در اثر دم و بازدم بیمار، هوایی که توسط بالشتک تولید می شود می آید به قسمتی که در آن اهرم وجود دارد و این هوا اهرم را تکان می دهد و با حرکت اهرم سیگنال تولید می شود که به صورت بلوتوث سیگنال از اتاق مگنت به اتاق تکنیکال ارسال می شود و در پشت دستگاه ام آر آی تنفس دم و بازدم بیمار به صورت نمودار امواج الکتریکی را می بینیم که در واقع نمودار تنفسی بیمار است.

دو نوع Gating داریم :

Retrospective: اطلاعات دریافت شده، سپس از روی این اطلاعات، تصاویر بازسازی می شود. یعنی همه اطلاعات را داریم و بعد، از بین آنها اطلاعات لازم را بر می داریم.

Prospective: از قبل تعیین می کنیم که در چه فازهایی دریافت سیگنال انجام بگیرد نه در تمامی فازها. مثلا در سیکل هایی که قلب بیمار در حال استراحت است سیگنال گرفته شود. که بیشتر در تصویربرداری قلب مورد استفاده قرار می گیرد.

* در MRI کمر، مچ دست و آرنج به ECG & Respiratory gatings نیازی نداریم ولی برای قلب ECG Gating لازم است.

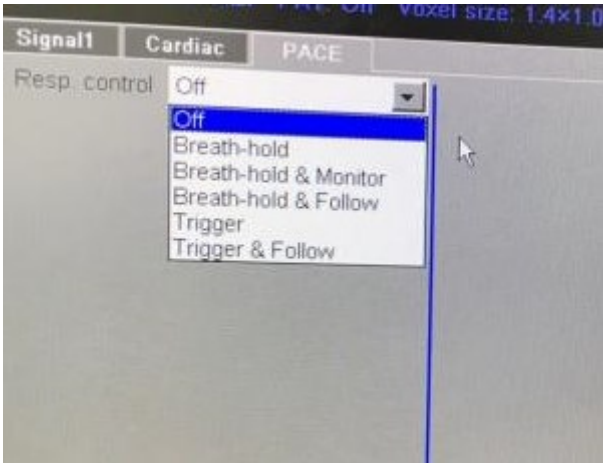
کاربرد Pulse gating و استفاده از نبض بیمار: زمانی که بخواهیم آرتیفکت های ناشی از CSF را در گردن و فقرات پشتی حذف کنیم که با استفاده از این گیت کیفیت تصویر بهتر می شود ولی زمان تصویربرداری خیلی بیشتر می شود (چون زمان تصویربرداری وابسته به ضربان قلب بیمار می شود) و عملا کاربردی ندارد.

کاربرد دیگر Pulse gating زمانیست که بیمار خیلی بدحال است و می خواهند ببینند که بیمار زنده است یا نه. وسائل نشان دهنده علائم حیاتی را هم نمی توانند داخل مگنت ببرند چون ۱- جذب مگنت می شوند ۲- میدان مغناطیسی باعث اختلال در عملکردشان می شود ۳- باتری وسائل علائم حیاتی دشارژ می شود.

* در تصویربرداری با گیتینگ های تنفسی، بیمار دم و بازدم انجام می دهد و الگوی تنفس شناسایی می شود و تصویربرداری با دم و بازدم بیمار تنظیم می شود. که بیشتر در تصویربرداری های شکم بخصوص تصویربرداری از مجاری داخل و خارج کبدی استفاده می شود. (MRCP).

* همه گیتینگ ها برای حذف آرتیفکت هاست مثلا آرتیفکت های ناشی از حرکت قلب، تنفس، آرتیفکت فلو.

* روش های حذف آرتیفکت ناشی از تنفس:



ما از قبل تعریف می کنیم که دستگاه در مرحله دم سیگنالها را دریافت بکند و یا در مرحله بازدم (با استفاده از navigation bar).

همانطور که در شکل می بینید PACE یعنی Prospective Acquisition Correction Examination دارای چند گزینه انتخابی است. اولین گزینه Breath-hold است و همانطور که مشخص است با حبس نفس بیمار انجام می شود. به عنوان مثال در MRI شکم به بیمار می گوییم نفس نکش (Breath Hold) نگه دار و تصویربرداری انجام شده و بعد از تصویربرداری می گوییم نفس بکش که بسته به تنظیمات ما ممکن است از ۶-۷ ثانیه تا ۲۰ ثانیه طول بکشد. ممکن است که با Navigator نظارت کنیم (Breath Hold & Monitoring) هر موقع بیمار نفس خود را نگه داشت شروع می‌کنیم به تصویربرداری و اگر بیمار نفس خود را نگه ندارد می توانیم به بیمار تذکر دهیم که حتما حبس نفس انجام دهد و این با استفاده از Navigator انجام می شود.

در گزینه سوم Breath-hod & follow تقریبا همان کار را انجام می دهد و تفاوت چندانی ندارد به جز در تصویربرداری های قلبی.

۳- بهترین روش: روش استفاده از trigger و navigation bar (هدایت گر) که بین ریه و کبد قرار می گیرد.

Navigator از پالس های RF Tracking استفاده می کند. به طوری که یکسری پالس های RF می فرستد تا موقعیت دیافراگم را برای ما نشان دهد. در این روش بیمار حبس تنفس ندارد و راحت نفس می کشد. دم و بازدم و سیگنال ریه و کبد را دریافت می کند. مریض نفس می کشد، سیگنال دریافت می شود ۵ یا ۶ تا RF می فرستد و موقعیت و نحوه نفس کشیدن بیمار شناسایی می شود. بعد که نمودار حاصل شد و موقعیت دیافراگم را در حین دم یا بازدم پیدا کرد، طبق پالس های موقعیت یاب، پالس اصلی پروتکل تصویربرداری ارسال شده و در زمان های دم و یا بازدم اطلاعات دریافت شده تا اینکه زمان تصویربرداری تمام شود در واقع یک سکانس ۶ دقیقه ای بر طبق تنفس بیمار تصویربرداری می شود و اگر بیمار تنفس های آرامی داشته باشد زمان تصویربرداری طولانی تر شده اما کیفیت تصاویر حاصله بهتر می شود ولی اگر بیمار تند تند نفس بکشد زمان تصویربرداری کاهش پیدا می کند اما کیفیت تصاویر خوب نخواهد بود (ممکن است) از این روش معمولا در نواحی شکم و بخصوص در سکانس اصلی MRCP که به صورت سه بعدی T2 از مجاری داخل و خارج کبدی انجام می شود، استفاده می شود و یا در تصویربرداری های شکم معمولا بکار می رود.

نکات کلیدی:

* استفاده از navigator مستلزم این است که ما از تکنیک هایی استفاده کنیم که TR آنها بیشتر است. چون زمان تصویربرداری در این روش بالا می رود؛ اتوماتیک وار دستگاه TR را بالا می برد. پس در تصویربرداری های T2 و Heavy T2 استفاده می شود و در تصویربرداری های T1 استفاده نمی‌شود.

تصویر Heavy T2 : TR تصویر خیلی بالاست و فقط تصویر آب و مایعات را داریم و از بقیه recoverبافت ها سیگنالی نداریم.

* از Navigator در تصویربرداری های شکم به خصوص تصویربرداری T2 از پانکراس و کبد استفاده می شود.

Magnetic Resonance Cholangiopancreatography (MRCP) جز تکنیک های روتین MRI است که کبد، مجاری داخل و خارج کبدی و مجاری صفراوی مثل تار عنکبوت دیده می شود.

* پس اغلب Breath Hold مورد استفاده قرار می گیرد و به بیمار می گوییم که نفسش را نگه دارد و نکشد. اگر خودش نتواند به همراه بیمار می گوییم که بینی و دهان او را ببندد. در بیمارانی که هوشیار نیستند با مشکل مواجه می شویم که می توانیم از Navigator استفاده بکنیم که آن هم فقط در سکانس های T2 می توان استفاده کرد.

در مطالب قبل اشاره شد که از روش MRCP نمی توانیم در تصویربرداری های با کنتراست T1 (منظور T1-w است) استفاده کنیم. به این علت که وقتی ما از Trigger استفاده می کنیم؛ دستگاه TR را اتوماتیک وار بالا می برد. وقتی TR بالا می رود و TE هم کم است و چون تصویر T1 می خواهیم بگیریم، تصویری که به دست می آید بجای اینکه بر وزن T1 باشد، بر وزن PD (دانسیته پروتون) می شود که این مشکل ایجاد می کند.

* از روش های گیتینگ Prospective میتوان به روش های زیر اشاره کرد:

A. Breath Hold B.Breath Hold monitoring

C. Breath Hold Follow D. Trigger

همه این روش ها برای حذف آرتیفکت های حرکتی یا به حداقل رساندن آنها می باشند و چون از قبل تصویربرداری تعیین می شوند به آنها PACE یا Prospective Acquisition Correction Examination گفته می شود.

* از کجا بدانیم که وقتی به مریض می گوییم نفس نکشد، نفس نمی کشد؟

یکی از راه ها این است که با چشم خود ببینیم. یک مانیتور داریم که از طریق دوربین وصل است و می توان شکم و سر بیمار که داخل دستگاه است را دید. اگر به کویل سطحی شکم که به شکم بسته شده نگاه کنیم، با نفس کشیدن بیمار این کویل بالا و پایین می شود و تنفس بیمار مشخص می شود.

Breathe Hold: نگه داشتن نفس به چه روش هایی صورت می گیرد؟

۱- دم عمیق (نفس عمیق بکش و نگه دار) : اشکال این حالت در این است که وقتی بیمار نفس عمیق می کشد، ریه هایش پر می شود و وقتی نگه می دارد، هوا در MRI آرتیفکت ایجاد می کند (چون هوا چیزی ندارد و قسمت عمده اش نیتروژن است، در نتیجه شیب میدان مغناطیسی را به هم می زند و مثل این است که یک فلزی را عمدا وارد دستگاه کرده ایم و غیریکنواختی میدان افزایش می یابد همچنین اشکال دیگر این روش این است که وقتی به بیمار می گوییم دم عمیق بکش و نگه دار، ممکن است که کامل نگه ندارد و یواش یواش بیرون دهد (بازدم انجام دهد) و آرتیفکت حرکتی ایجاد کند (بیمار نمی تواند کامل نفس خود را نگه دارد).

مزیت این حالت این است که مدت زمان بیشتری می تواند نفس خود را نگه دارد (مانند کشیدن نفس عمیق و رفتن زیر آب)

۲- دم عمیق، سپس بازدم و بعد حبس نفس(نفس عمیق بکش، خالی کن و بعد نگه دار) : مزیت های این روش: - سبب ایجاد غیریکنواختی میدان مغناطیسی نمی شود. – بیمار داخل ریه هایش عملا هیچ هوایی ندارد که بخواهد بیرون دهد و در نتیجه اتفاق خاصی نمی افتد. – سبب می شود که در تمام سیکل های تنفسی (هر ۲۰-۱۰ ثانیه یکبار می گوییم که نفس عمیق بکش، بده بیرون و نگه دار) کیفیت تصویر یکنواخت گردد. یعنی وقتی بیمار سیکل های تنفسی را انجام می دهد دیگر اینجوری نیست که کبد در تصاویر اول بالاتر و در باقی تصاویر پایین تر و در جاهای متفاوت قرار گیرد از معایب این روش این است که بیمار نفس خود را در مقایسه با روش قبلی مدت زمان کمتری را می تواند حبس کند.

۳- حبس نفس (بدون اینکه اشاره کنیم چه کار کند): ممکن است بیمار یکبار در دم عمیق این کار را بکند یا در بازدم عمیق. یا در مرحله معمولی نفس خود را نگه دارد. در این حالت ها موقعیت دیافراگم متفاوت خواهد بود؛ مثلا در حالت دم و حبس نفس تصویربرداری کردیم، بعد به بیمار می گوییم نفس بکش و راحت باش و دوباره می گوییم نفست را نگه دار و تاکید نمی کنیم که در دم یا بازدم) هدف ما این است که پشت سر هم از بالای کبد شروع به تصویربرداری کنیم. در حالت حبس نفس می بینیم که در یک حالت تصویر کبد هست، در تصویر بعد کبد اصلا نیست و دوباره در تصویر بعد کبد افتاده است. در حالی که نباید این اتفاق بیفتد.

* از بین این ۳ حالت، حالت دوم بهتر است. فقط اشکالش این است که مدت زمانی که بیمار می تواند تحمل کند کمتر است.

Breathe Hold Monitoring

یک زمانی هست که می خواهیم بدانیم که بجای اینکه به شکم بیمار نگاه کنیم، از trigger و navigator استفاده می کنیم و عملا می بینیم که بیمار نفس می کشد یا نه. کل این فرآیند را Breath Hold Monitoring می گویند.

Navigator Box: یک باکس است که کلیک می کنیم روی آن و وقتی باز شد، trigger به صورت خودکار می آید و درجایی که بخواهیم آن را قرار می دهیم. مثلا بین کبد و ریه. کاری با تصویربرداری ما ندارد و فقط ردیاب دیافراگم است.عملکردش این است که پشت سرهم پالس RF ارسال و دریافت می کند. یعنی موقعیت هر چیزی که در اینجا هست را برای ما نشان می دهد و یک نمودار حاصل می شود.

وقتی از این تکنیک استفاده می شود، به بیمار می گوییم نفس عمیق بکشد، بیرون دهد و نگه دارد. در این حالت Trigger یک خط ممتد را نشان می دهد نشاندهنده حبس نفس است و ما با مشاهده این خط استارت را می زنیم و تصویربرداری را شروع می کنیم.

* ECG Gating هم می تواند prospective و هم retrospective باشد.

* در breath hold monitoring و breath hold follow نیز از trigger استفاده می کنیم که trigger در اولی برای مانیتورینگ و در دومی برای follow است.

* در breath hold monitoring ما فقط می بینیم و دستگاه کار خاصی انجام نمی دهد ولی وقتی breath hold follow را انتخاب می کنیم، محدوده مشخص می کنیم که دستگاه، وقتی بیمار در این محدوده داخل باکس که دم-بازدم را انجام می دهد و وقتی در این محدوده نفسش را نگه داشت، acquisition انجام دهد (یعنی در داخل حیطه ای که من خودم تعیین می کنم و در آن اگر دم و بازدم مختصری انجام دهد، از این دم و بازدم مختصر چشم پوشی کن و ما می بینیم که بیمار نفس می کشد یا نه)

وقتی از follow استفاده می کنیم ، یک باکسی برای ما باز می کند و به بیمار می گوییم نفس نکش و نگه دار و خط نمودار ممتد می‌شود و شروع می کنیم به تصویربرداری. اگر در محدوده تعیین شده دم و بازدم مختصری انجام شد دستگاه آن را نادیده می گیرد ولی اگر بعد از شروع تصویربرداری بیمار یک دم عمیق یا بازدم عمیق یا یک آهی کشید، تصویربرداری قطع می شود.

ولی در مانیتورینگ این گزینه را نخواهیم داشت. بعد از دریافت سیگنال می بینیم که عکس خراب شده که دلیلش این است که مریض در حین تصویربرداری آهی کشیده یا نفس کشیده است.

Breathe Hold Follow: کاربرد زیادی در MR آنژیوگرافی های قلبی کرونری دارد. ممکن است در این آزمون ها از هر دو روش Follow و Monitoring استفاده شود.

* زمانی هم هست که به بیمار گفته نمی شود که نفسش را نگه دارد. کویل بسته شده و trigger انتخاب شده و باکس گذاشته می‌شود و پالس RF فرستاده و دریافت می شود. ۵ تا ۶ پالس RF می فرستد و دریافت می کند. به ازای تعریفی که ما به trigger می‌دهیم، می گوییم که که در این بازه ی دم برای ما اطلاعات بگیر. سکانس اصلی را داخل این بازه ها تصویربرداری کن. ۵ الی ۶ پالس RF می فرستد، سپس تنفس بیمار را دریافت می کند (محل دیافراگم بیمار) بعد پالس RF می فرستد و دریافت می کند و بعد

اگر تنفس بیمار منظم بود، در این نواحی دریافت اطلاعات انجام می گیرد. مثلا روی دستگاه می نویسد که ۱۵۰ تا Acquisition نیاز خواهد بود. وقتی یکی گرفته می شود می نویسد ۱ از ۱۵۰. این ورند ادامه می یابد تا برسد به ۱۵۰ از ۱۵۰. یعنی ۱۵۰ بار پالس RF می فرستد و دریافت می کند و اطلاعاتش را به فضای K می برد و در صورت پایان یافتن، تصاویر تهیه می شود و بازسازی، چاپ و ... در صورت نیاز انجام می گیرد.

* اگر دقت کرده باشید در follow و مانیتورینگ از هیچ گونه ابزار مکانیکی استفاده نکردیم. نه از Respiratory Gate ، نه از ECG و نه از Pulse gate. مریض را می گذاریم روی تخت، کویل را می بندیم و می گوییم که نفس بکشد یا نکشد و یا اینکه از trigger استفاده می کنیم.

* در تصویربرداری های T2 و خیلی T2 (Heavy T2) می توانیم از trigger استفاده کنیم ولی در تصویربرداری های T1 نمی توانیم چون در نهایت موجب افزایش TR می شود.

* زمانی تصاویر بیمار با کیفیت عالی تهیه می شود که بیمار نفس های منظم و آرام بکشد. پس کیفیت تصاویر در زمان استفاده از trigger بستگی به تنفس بیمار دارد. هر چقدر بیمار آرام تر نفس بکشد؛ کیفیت تصاویر بالاتر و از طرفی زمان تصویربرداری نیز بیشتر خواهد بود. یعنی به صورت روتین، یک تصویربرداری که مثلا با ۱۵۰ تا Acquisition می خواهیم بگیریم، در یک فردی که تند تند نفس می کشد ممکن است ۴ دقیقه ای تمام شود اما در یک فردی که خیلی آرام نفس می کشد، ممکن است ۱۰ دقیقه طول بکشد.

* در تصویربرداری های T1 روش های Breath Hold و Breath Hold Monitoring کاربرد دارند ولی در روش استفاده از Trigger ، تصویر T2 حاصل می شود و برای T1 جوابگو نیست.

* روش Breath Hold Follow را معمولا کمتر استفاده می کنند. چون در وسط تصویربرداری اگر بیمار آهی بکشد، قطع می شود و دوباره باید از اول ۱۵۰ تا Acquisition انجام گیرد (حتی اگر در مرحله ۱۴۹ از ۱۵۰ باشیم!).

برای تصویربرداری هایی که حبس تنفس بیمار مورد نیاز است، می توان از روش Respiratory Gating استفاده کرد. این روش یکی دیگر از روش های تصویربرداری برای کاهش آرتیفکت های حرکتی تنفسی بیمار است. یک بالشتک را می گذارند روی شکم بیمار، دم-بازدم بیمار ثبت می شود. در اینجا نیز ما تعیین می کنیم که کدام قسمت را می خواهیم اما به علت بالا رفتن زمان تصویربرداری مقرون به صرفه نیست و کمتر استفاده می شود.

* در استفاده از trigger ها ملزم به استفاده از بالشتک تنفسی نیستیم و استفاده از بالشتک هیچ گونه تاثیری به تصویربرداری نمی گذارد و ارتباطی ندارند. اگر بخواهیم تنفس بیمار را نیز ببینیم بالشتک را می توانیم ببندیم. در واقع بالشتک کار مانیتورینگ را برای ما انجام می دهد. به بیمار می گوییم نفس نکشد و نگه دارد، که نمودار Respiratory Gate را به صورت خط صاف می بینیم.

Pulse Gating: برای بیماران بدحال استفاده می شود که البته در قدیم در فقرات پشتی و گاها نیز گردن استفاده می شد.

Concatenation:

راه حل عملی تصویربرداری T1 در مواقع نیاز به حبس تنفس: اکثریت مریض ها نمی توانند ۲ دقیقه نفس خود را حبس کنند. در تصویربرداری MRI می توانیم مثلا ۲۰ تا اسلایس تهیه کنیم، این ۲۰ تا اسلایس را اگر بخواهیم بکنیم ۴۰ تا اسلایس چه باید کرد؟

در MRI تعداد اسلایس > $\frac{T_R}{T_E}$ این نسبت باید همیشه رعایت شود. وقتی می خواهیم به جای ۲۰ تا ، ۴۰ برش داشته باشیم، به نسبت $\frac{T_R}{T_E}$ نمی زنیم. می گوییم که از برش ۱ تا ۲۰ را می گیریم (مثلا برش ۲۰ تا شکم است. می خواهیم ۴۰ تا برش (کمی پایین تر از شکم داشته باشیم) از ۱ تا ۲۰ را یکبار می‌گیریم. از ۲۰ تا ۴۰ را نیز یکبار می گیریم. از Concatenation (زنجیروار) استفاده می‌کنیم. یعنی می گوییم با همین TR و TE که Concatenation من ۱ است (یعنی یک زنجیره داریم از ۱ تا ۲۰)، اگر Concatenation را ۲ بکنیم (یعنی ۱ تا ۲۰ و ۲۰ تا ۴۰)؛ می توانیم ۴۰ تا برش بگیریم بدون اینکه به TR یا TE دست بزنیم. مثلا ۲۰ تا برش می خواهیم از نوع T1، اما زمانی که زمان تصویربرداری ۶۰ ثانیه است و مریض نمی تواند نفس خود را نگه دارد، می آییم از Concatenation استفاده می کنیم. اگر بخواهیم در ۲۰ ثانیه بگیریم، عدد Concatenation را ۳ قرار می دهیم. یعنی این سکانس را به ۳ بازه ۲۰ ثانیه ای تقسیم می کنیم. اگر Concatenation را معادل ۶ در نظربگیریم، در نتیجه ۶ قسمت ۱۰ ثانیه ای و اگر ۱۰ در نظر بگیریم، ۱۰ قسمت ۶ ثانیه ای خواهیم داشت. در تصویربرداری های T2 با افزایش concatenation زمان کل سکانس به زمان های کمتری تقسیم می شود ولی در تصویربرداری های T1، با افزایش concatenation می توان TR را کمی کاهش داد تا زمان تصویربرداری کاهش یابد.

به بیمار می گوییم نفس عمیق بکش، بده بیرون و نگه دار. با توجه به اینکه از مانیتورینگ یا Respiratory Gate استفاده می کنیم، موقع حبس نفس می بینیم که بیمار نفس خود را نگه داشته است و استارت تصویربرداری را می زنیم و بعد از تصویربرداری می گوییم نفس بکش و راحت باش. و اگر به

عنوان مثال از Concatenation معادل ۱۰ استفاده می کنیم، اولین سکشن تهیه شده از بالا به پایین(۶ ثانیه نخستین) تمام شد و بعد ۶ ثانیه بعد تا ۶۰ ثانیه تمام شود. یعنی به طور کلی ۶ ثانیه به ۶ ثانیه عکس می گیریم و وسط هر ۶ ثانیه به مریض می گوییم راحت باش.

* اگر تعداد Concatenation زیاد باشد و در شرایطی که بیمار نفس خود را مرتب و منظم نگه دارد، کیفیت تصویر زیاد می شود و قبل از شروع آزمون تعیین می کنیم چقدر باشد. بعد از اینکه استارت را زدیم، نمی توانیم هیچ پارامتری را تغییر دهیم. یک زمانی هدف ما از استفاده از Concatenation برای افزایش تعداد برش هاست. مثل مغز، اندام ها، مچ دست و شانه. در این شرایط بجای اینکه ۲۰ تا برش بگیریم، ۴۰ تا می گیریم. در این صورت TR بالا می رود که برای اجتناب از وقوع آن، Concatenation را ۲ می گذاریم. زمان تصویربرداری ۲ برابر می شود. ولی وقتی بخواهیم با همان تعداد برش ۲۰ تا تصویر تهیه کنیم، اما می خواهیم از Concatenation استفاده کنیم و تصویر ما نیز بر وزن T1 و GE (Gradient Echo) است. در نتیجه در GE زمان تهیه تصاویر سریعتر از SE (Spin Echo) یا TSE (Turbo Spin Echo) است. در نتیجه در اینجا کاری با افزایش تعداد برش نداریم و فقط توضیح داده شد که مفهوم Concatenation درک شود بلکه هدف ما تقسیم برش های سکانس های طولانی به زمان های کوتاه است.

سوال: در تکنیک iPAT یا parallel imaging آیا SNR بیشترمی شود یاکمتر؟ کمتر می‌شود.

ما یک سری کویل داریم که دارای چندین channel می‌باشد. Segment 1 or 2 or 3 or 4 .با توجه به اینکه کویل ها از این نوع است که می‌توانیم تکنیک تصویربرداری موازی را انجام دهیم (به صورت اتوماتیک) پس بستگی به نوع کویل ها دارد. کویلی که برای spine matrix انتخاب می‌کنیم از یک سری

المنت‌ها تشکیل شده است که هرقسمت از بدن توسط یکی ازآن ها تصویربرداری می‌شود (تصویربرداری موازی مربوط به ساختارکویل است).

* درکناراین تصویربرداری موازی که به ساختارکویل مربوط می‌شود ما یک تکنیک داریم به نام تکنیک تصویربرداری موازی یا iPAT که درآن ما قدرت انتخاب داریم تا ازتمامی المنت‌ها به صورت پارالل یا موازی استفاده کنیم. که به این روش تصویر برداری موازی گویند.

*درتکنیک موازی زمان کاهش پیدار می‌کند (۴ دقیقه به ۲ دقیقه تبدیل میشود) ودرنتیجه SNR کاهش می‌یابد.

*استفاده از تکنیک iPAT با فاکتور 2 یا 3 برابر زمان را کاهش می‌دهد.

نکته: فقط با کویل های آرایه فازی می‌توان این تکنیک را انجام داد.

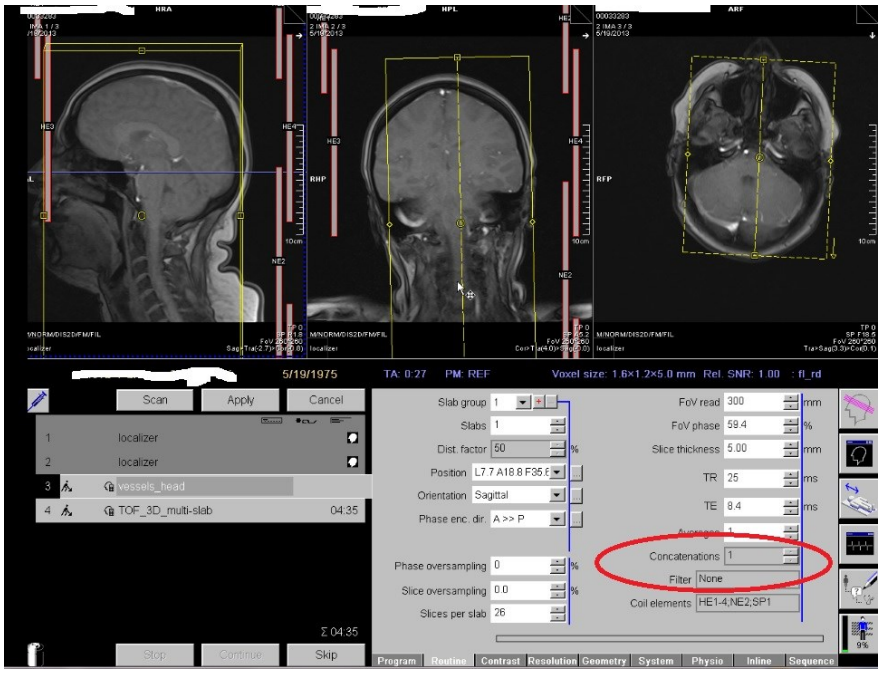
اشکال دوم: آیا در انتخاب concatenation همواره زمان تصویربرداری ما بیشتر می‌شود؟ (هم در افزایش تعداد برش و هم زمانی که بیمار نتواند نفسش راحبس کند).

جواب: نوع کنتراست ما نیز خیلی مهم است. اگر می‌خواهیم تصویر باکنتراست T1داشته باشیم و از concatenation استفاده کنیم (فرض کنید زمان ما 60 ثانیه باشد) یکی ازحالت های زیر درصورت تغییر از1 به2 رخ خواهد داد:

T=60 s زمان تصویربرداری می‌باشد. وقتی concatenation را 2 انتخاب می‌کنیم:

زمان نگه داشتن تنفس را از 60s به 120s تغییر می‌یابد (زمان breath hold افزایش می‌یابد) بنابراین باید TRرا کاهش دهیم (تا به نتیجه مطلوب یعنی 30s برسیم).

حالت دوم که درآن باconcatenation زمان تصویر برداری بیشتر می شود چه زمانی رخ می‌دهد؟ بستگی به سکانس ما دارد که معمولا در سکانس های T1 زمان بیشتر می شود و بایستی TR را کاهش دهیم و concatenation را بیشتر کنیم.



*ممکن است سکانس ما سه بعدی یا 3Dimentional باشد که در آن نمی‌توان از concatenation استفاده کرد.

آشنایی با انواع درخواست های تصویربرداری در MRI

در خواست هایی که برای انجام بیمار توسط پزشکان معالج می شود به طور کلی می توان آنها را به دو قسمت تقسیم کرد:

در خواست های روتین و در خواست های اختصاصی

*اندام فوقانی و تحتانی و احشای مختلف و مغز گوش و هیپوفیزو orbit و nasopharynx وگردن و.. جزو در خواست های روتین می باشد.

* MRI of => base و پایه است (درجای خالی هرچیزکه می‌خواهیم می‌توانیم بنویسیم. اگر به جای حرف I چیز دیگری بنویسیم تبدیل تکنیک‌های اختصاصی MRI می‌شوند.

MRI of brain, Lumbosacral, knee, shoulder, spine = جزو تکنیک های روتین اند که روزانه انجام می‌شود.

* تکنیک‌های اختصاصی ممکن است در برخی مراکز نباشد و انجام نشود.

* برخی تکنیک‌های اختصاصی که دراکثر مراکز انجام می‌شود: MRCP –MRV-MRA

* برخی تکنیک‌های اختصاصی که دربرخی مراکزانجام می‌شود : perfusion MR – placenta MR – MRE – fMRI – MRU – MRS – fetal MR

* SWI نیز یک نوع سکانس است و جزو آپشن هایی است که در برخی مراکز انجام می‌شود یک سکانس سه بعدی است که معمولا برای بررسی خونریزی ها استفاده می شود.

Safety وMRI برای جنین:

درسه ماهه اول بارداری = بهتر است انجام نشود مگر در شرایط استثنایی

بعد از ۳ ماهگی = با تمهیداتی ودرشرایط اورژانسی انجام می‌شود.

بعد از ۶ ماهگی = وقتی درسونوگرافی یک ناهنجاری مشاهده کنند MRI درخواست می‌کنند

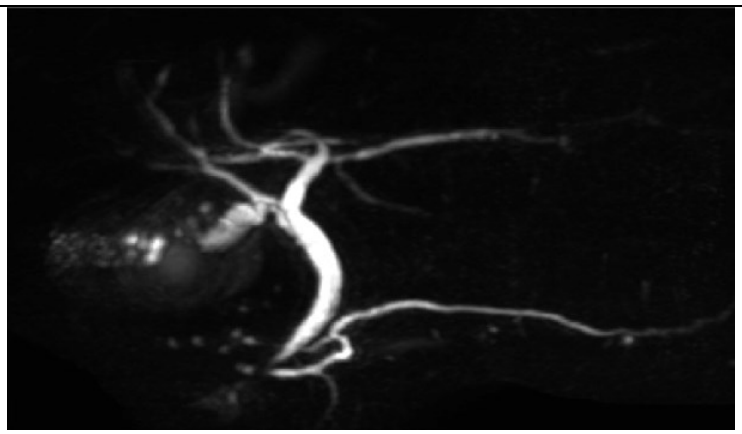
MRA = Magnetic Resonance Angiography تصویربرداری از شریان (۳ نوع تکنیک) که یا بدون تزریق ماده کنتراست است یا باتزریق ماده کنتراست.

تکنیک بدون تزریق ماده کنتراست شامل TOF دو بعدی و سه بعدی

و تکنیک PC یا Phase contrast که شامل دو بعدی و سه بعدی است.

و تکنیک با تزریق ماده کنتراست که فقط به صورت سه بعدی انجام می شود که بعدا در مورد اینها مفصل صبحت خواهد شد.

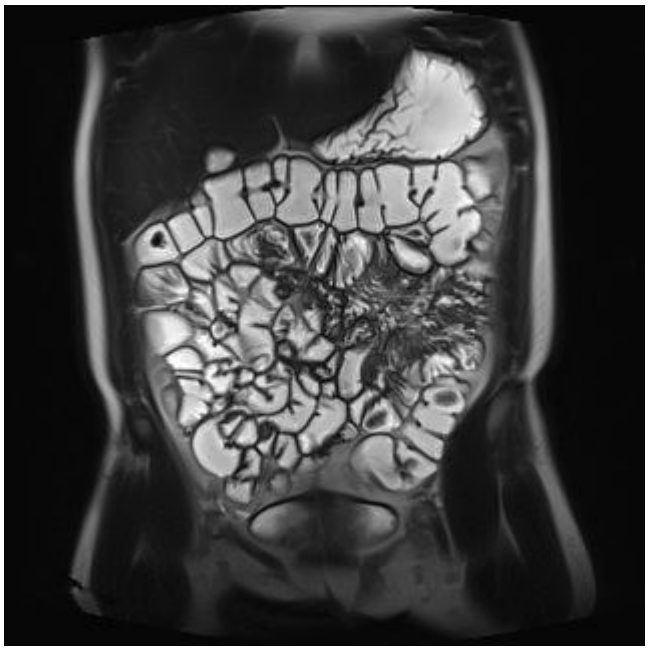
MRCP = MR Colangio pancreatography (تصویربرداری از مجرای داخل کبد ومجرای کبدی خارجی یا (common bile duct) (۱ نوع تکنیک)



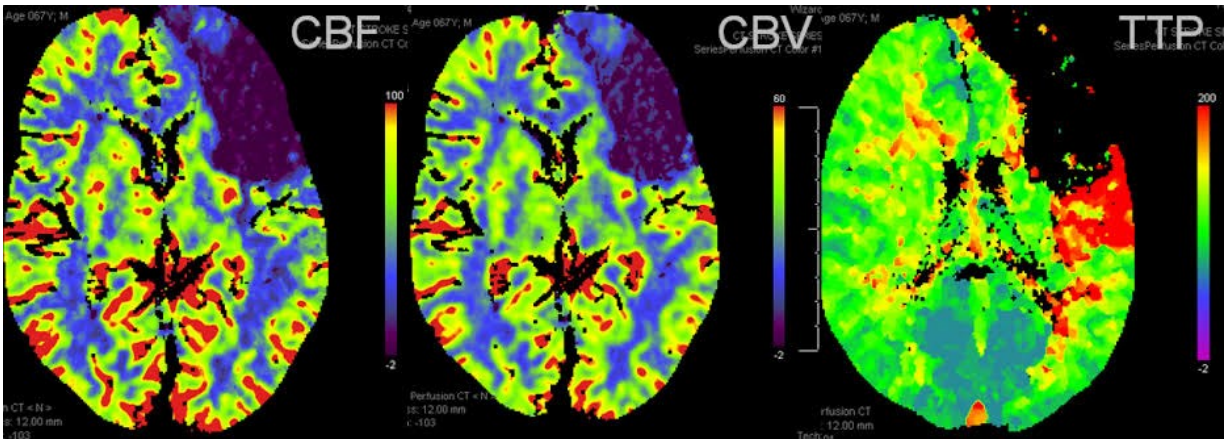
MRCP

MRE = MR Entrography (روده)

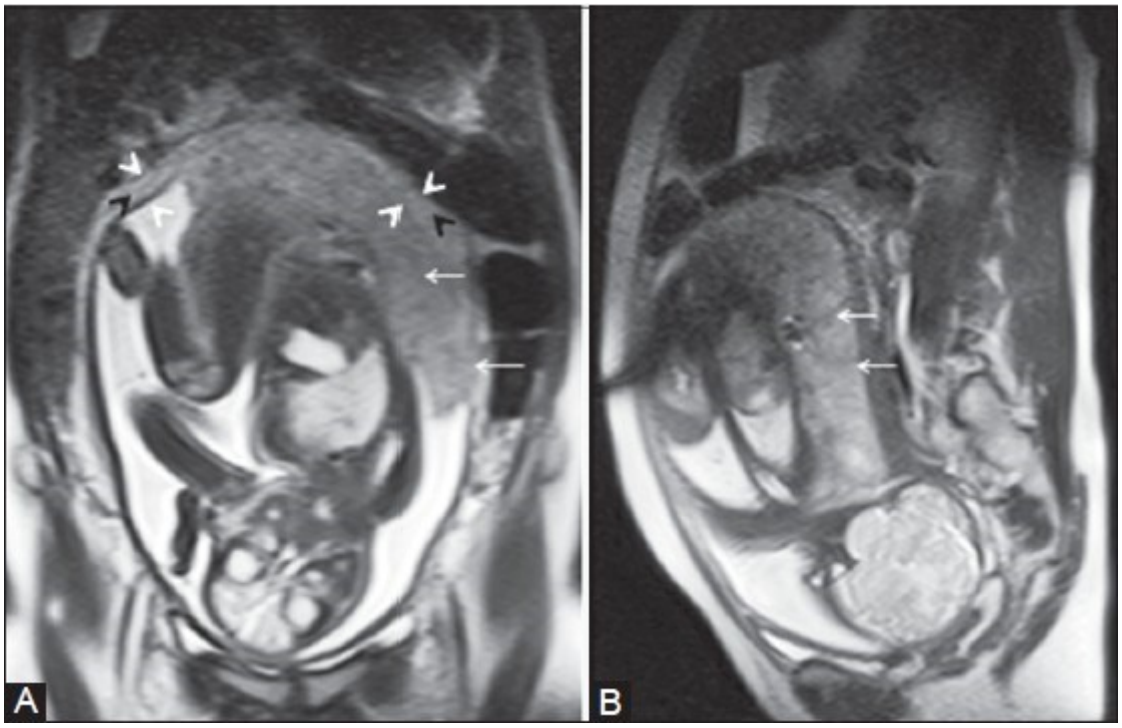
(۱ نوع تکنیک) تصویربرداری از روده باریک با تجویز خوراکی مایع (آب) که حاوی دوعدد پودر پگ یا پیدرولاکس ۷۰ گرمی است که حدود ۲ ساعت قبل از انجام ام آرآی به بیمار داده می شود و یک آمپول هیوسین نیز قبل از تزریق به صورت وریدی و به صورت آرام تزریق می شود) به عبارتی دیگر تصویربرداری از روده که به بیمار دارو می‌دهیم بخورد و پس از اینکه روده ها پر از ماده کنتراست شد تصویر برداری انجام می‌شود.



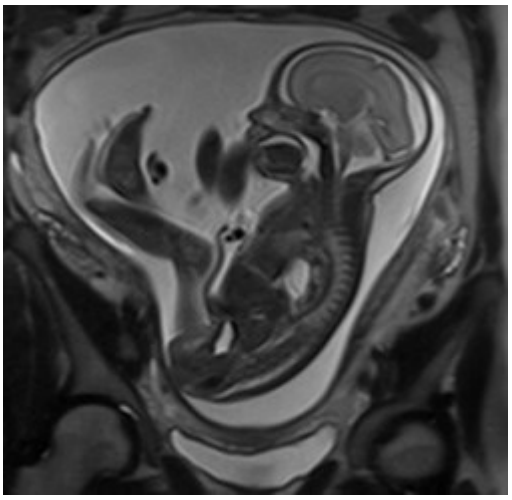
Perfusion M R I (تصویربرداری پرفیوژنی)



Placenta MR (تصویربرداری ازجفت جنین)

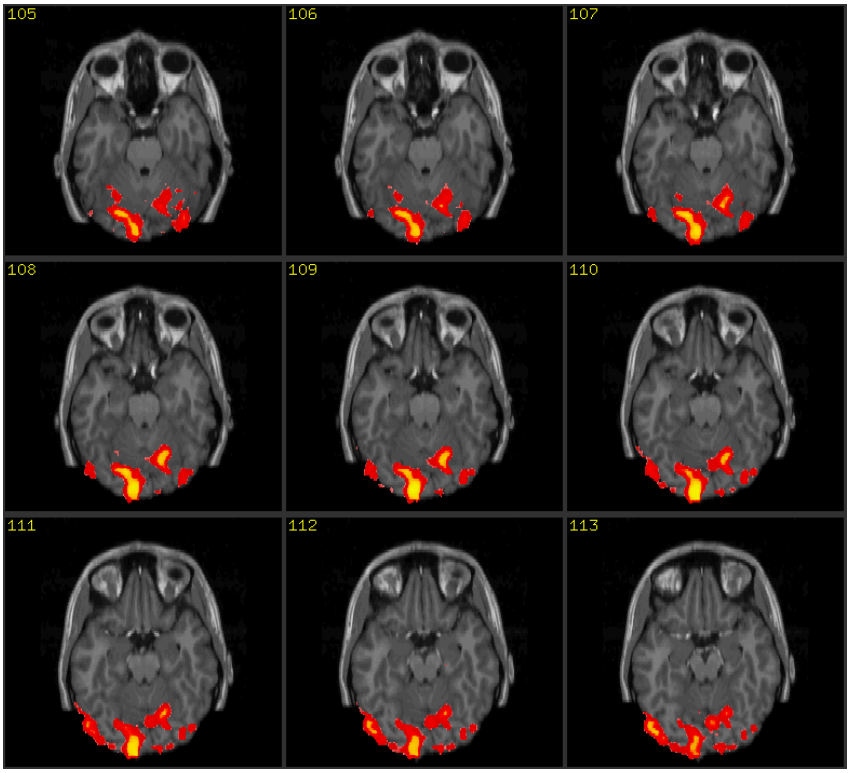


Fetal MR (جنین) جهت بررسی ناهنجاری های جنینی که از نظر آناتومی قابل تشخیص است.

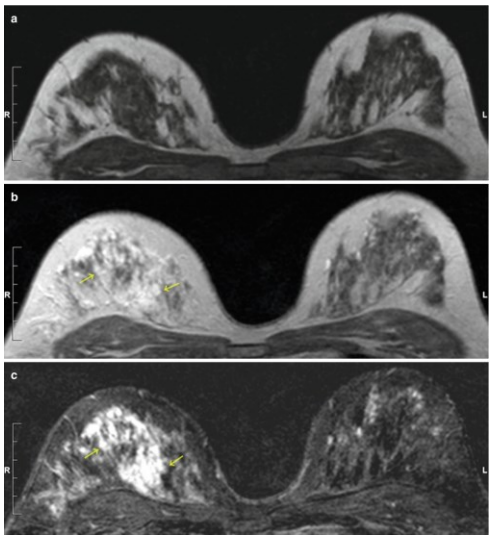


FMRI=functional MRI

(تصویربرداری عملکردی که معمولا از ناحیه مغز انجام می گیرد و تکنیک های مختلفی دارد) بسته به ناحیه موردنظر (بویایی-چشایی-بینایی-شنوایی-حرکتی-لمسی) انواع مختف دارد.

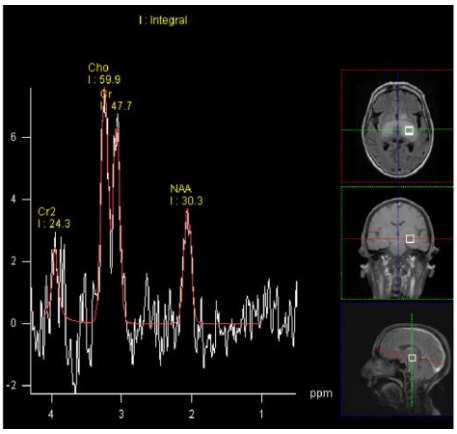


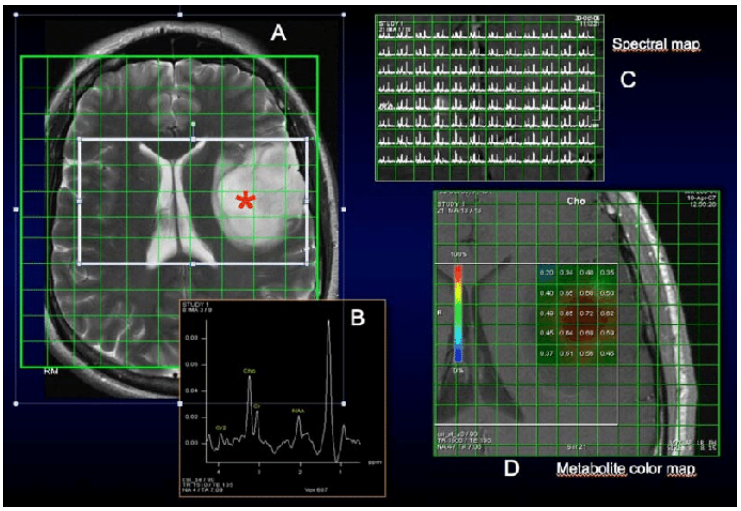
MRM = MR Mammography (تصویربرداری از سینه)



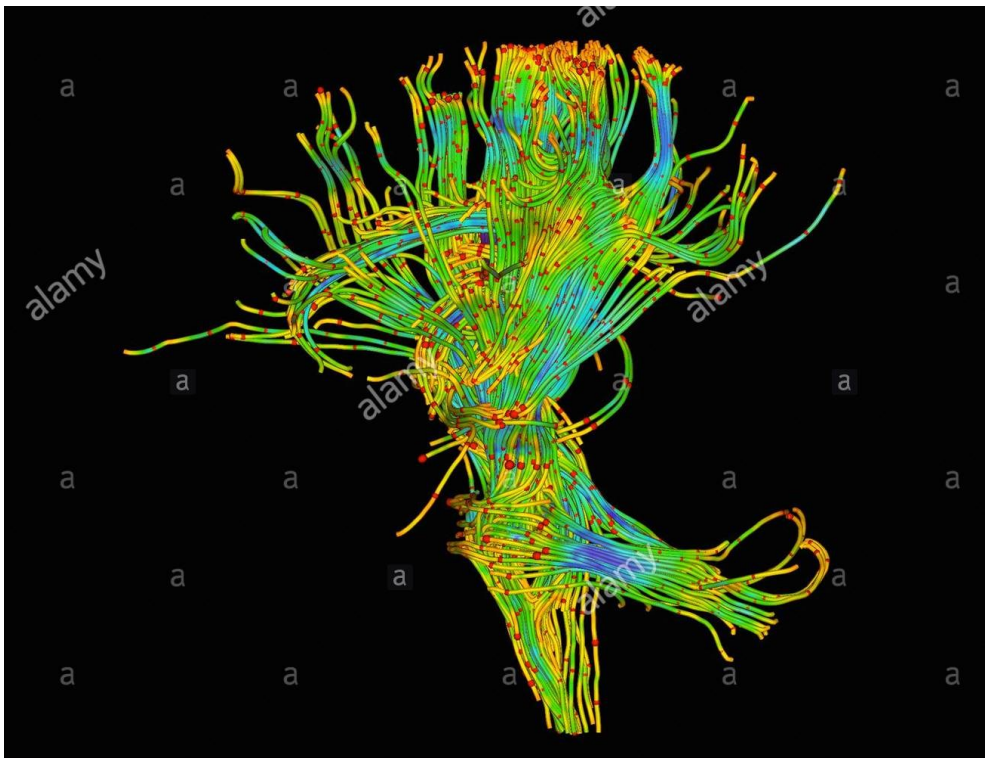
M R S = MR Spectroscopy

(طیف سنجی متابولیت ها با ام آر آی دو یا ۳ تکنیکsingle voxel – multi voxel)

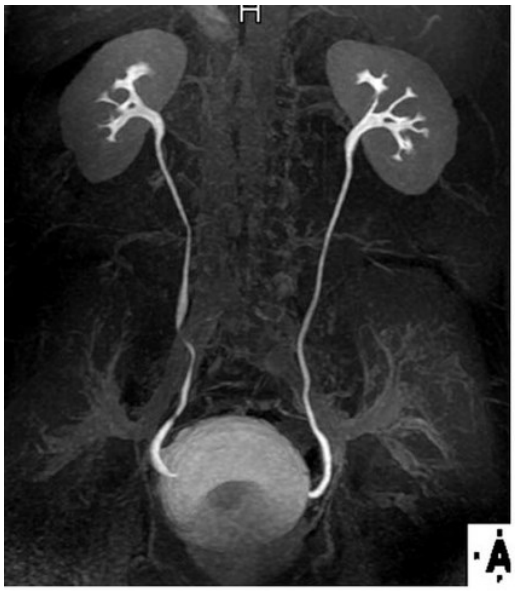




Diffusion Tractrograph Imaging یا DTI



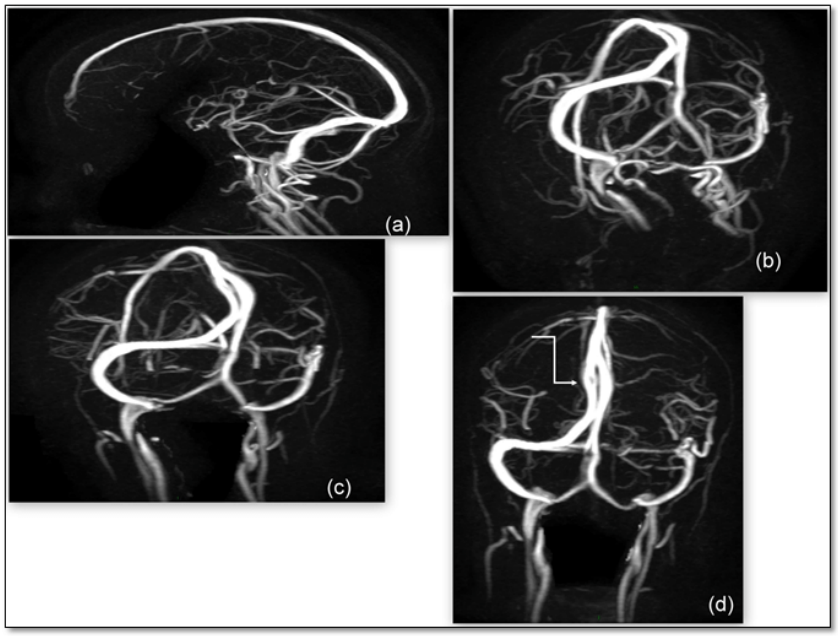
M R U = MR Urography (تصویربرداری از کلیه ها و مجاری ادراری)



a.

b.

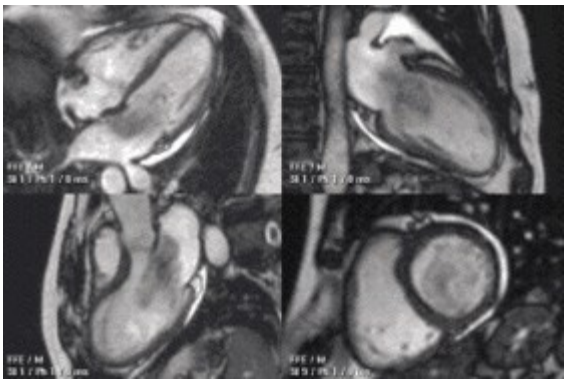
MRV = MR Venography (تصویربرداری از ورید) (۲ یا سه نوع تکنیک)



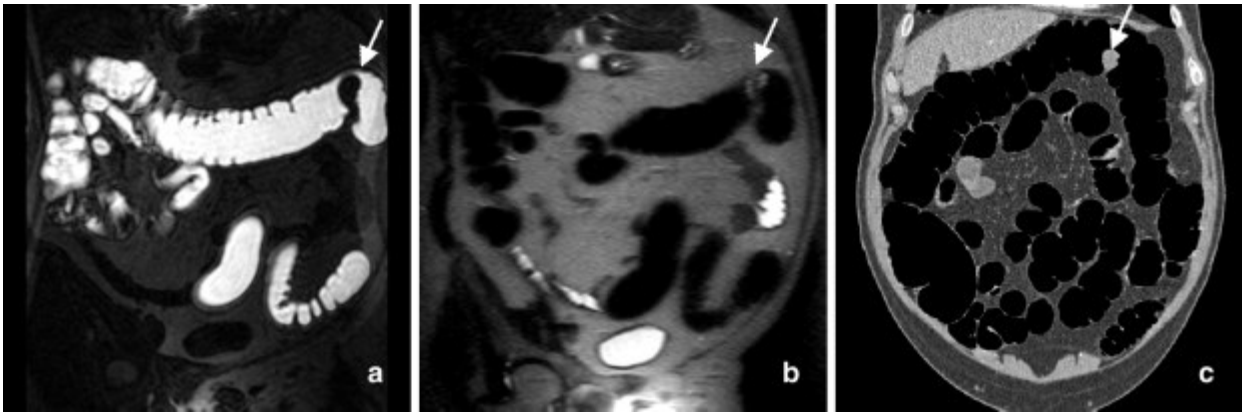
*موارد بالا جز تکنیک‌های اختصاصی MRI محسوب می‌شوند .

*می‌توانیم MR انزیوگرافی را با MR ونوگرافی دریک گروه تقسیم بندی کنیم.

Cardial MR (۲ نوع) = stress, functional (بدون تزریق و با تزریق)



M R C (۲ نوع) = که مخفف ام آر کولونوگرافی است و به دو صورت دارک لومن و یا به صورت برایت لومن انجام می شود. dark Loomen , bright Loomen (در یکی آب و در دیگری هوا می زنیم)


a
b
c

مروری بر فیزیک ام آر آی

types Sequence (سکانس‌های MRI): همانند سکانس‌های سینما است یک فیلم در زمان‌های مختلف تکرار میشود. سکانس‌های MRI این گونه می‌باشد و با ارسال پالس RFیک سری اتفاقات می افتد و تصویر تشکیل می‌شود وبا ارسال پالسی دیگر دوباره همین اتفاقات تکرار می‌شود.

مروری بر فیزیک مقدماتی ام آر آی

مقدمه: مطالب فیزیکی چقدر برای ما کمک کننده است؟ با یک مثال کاربرد فیزیک ام آر آی را توضیح می دهم تا بدانیم چقدر مطالب فیزیکی برایمان مهم هستند یا نیستند!!.

فرض کنید یک بیماری مراجعه کرده است و می خواهیم تصویربرداری انجام دهیم مثلا می خواهیم تصویربرداری T2 و T1 و T2-tirm آگزیال بگیریم یک کارشناس ام آر آی باید بداند که منظور از T2 یا T1 چیه و چه پارامترهایی را باید مد نظر قرار داد. نیازی به حفظ کردن پارامتر ها نبوده و همه پارامترها توسط دستگاه ذخیره شده است و کارشناس بایستی یک کلیک بر روی آن سکانس کرده و سپس شروع به تصویربرداری نمود، اما دانش و آگاهی از نوع سکانس ها در انجام تصویربرداری ها برای ما خیلی کمک کننده خواهد بود.

انواع سکانس‌ها : SE: اسپین اکو .

FSE: fast اسپین اکو

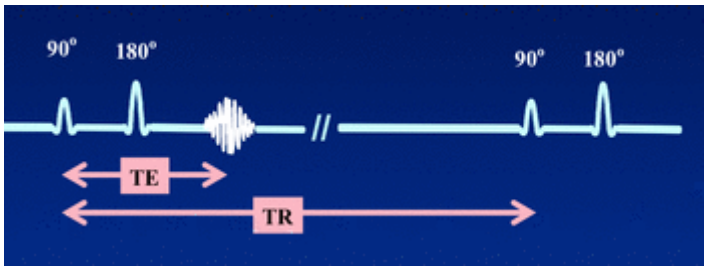
GE: گرادیان اکو

*تقریباً همه سکانس‌های ما در۳ گروه بالا دسته بندی می‌شوند (به علت زیاد بودن سکانس‌ها و برخی از آن ها بین این دسته بندی ها قرار می‌گیرند)

SE (اسپین اکو)

پالس RF 90 درجه ارسال می شود بعد از آن یک پالس 180درجه اعمال می‌شود واکو دریافت می‌شود

*مراحل اسپین اکو به صورت شماتیک درشکل زیر نشان داده شده است:



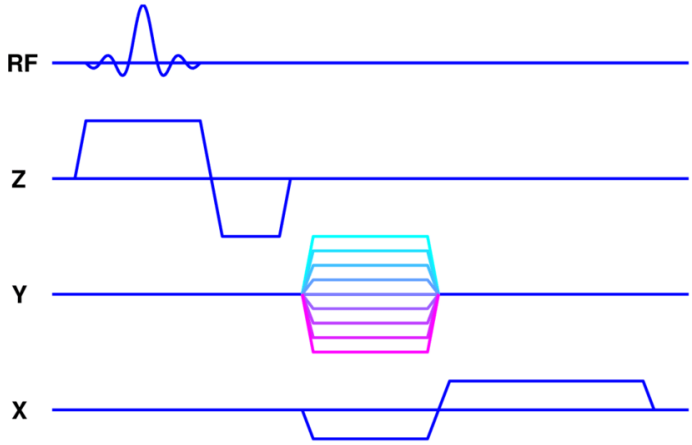
*دقت کنیدکه دردنیای واقعی این اتفاقات نمی‌افتند و این ها برای دنیای ذهنی ماست که خودمان را متقاعد کنیم که یه چیزایی بلدیم☺

اول که پالس 90 درجه ارسال می‌شود ۲ پروتون همدیگر رادفع می‌کنند (به خاطراثر اسپین و ناهمگنی میدان مغناطیسی) و در این حالت نمی‌توانیم سیگنال بگیریم چون در خلاف جهت هم قرار می‌گیرند.

سپس پالس۱۸۰ درجه ارسال می‌شود و این دو ۱۸۰ درجه می‌گردند و دوباره هم جهت می‌شوند و یک بردار برایند قوی ایجاد می‌شود و درنتیجه سیگنال کویل را القا می‌کند وما می توانیم تصویر بگیریم .

* بعد از دادن پالس۱۸۰ درجه یکی از پروتون ها سریع تر و یکی ارام تر میچرخند به خاطر غیر یکنواختی میدان و درنهایت هم جهت می‌شوند و سیگنال درکویل القا می‌شود.

سؤال :دستگاه ازکجا متوجه میشودکه از کدام ناحیه ازبدن تصویرگرفته می‌شود؟ با استفاده ازکویل های گرادیان که ۳ نوع هستند (X,Y,Z می‌توانیم مقطع موردنظر را مشخص کنیم)



*اگر هیچ گرادیانی اعمال نشود نمودار خط پالسی به صورت خط صاف خواهد بود.

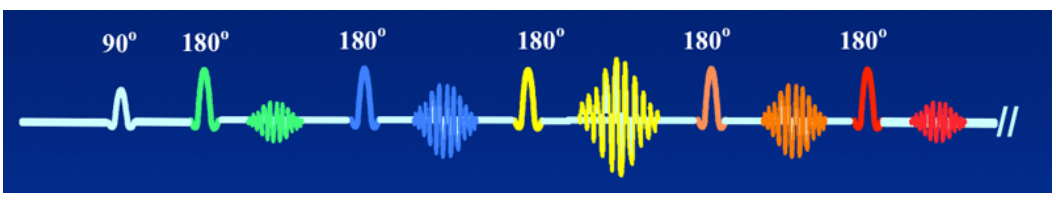
*وقتی پالس RF 90 درجه ارسال می‌شود این پالس مقطعی از ناحیه تصویربرداری مثلا مغز را تحریک می کند که توسط گرادیان برش اعمال می‌شود.

نکته: مقطع ما اگزیال است که دراین مقطع گرادیان Z فعال است. در هنگام ارسال پالس RF 90 درجه گرادیان برش ما روشن و بعد از ان خاموش می‌شود به همین خاطر برش‌های همان ناحیه تحریک می‌شوند و کاری با دیگر پروتون ها نداریم .

وقتی پالس RF 180 درجه نیز ارسال میشود فقط همان گرادیان برش روشن و خاموش می‌شود و اکو دریافت می‌شود.

به این روش تصویر برداری اسپین اکو می گویم (یعنی اکویی که از اسپین‌ها گرفتن می‌شود) و روش روتینی است که روزانه انجام می‌شود.

اگر به جای اینکه یک اکو بگیریم چندین اکو دریافت کنیم به آن fast یا turbo SE گفته میشود.



TR:(Time Repetition) زمان تکرار یا فاصله زمانی بین ۲ پالس ۹۰ درجه یا پالس تحریکی

TE (Time to Echo): زمان دریافت اکو

در fast spin echo ، TEهای بسیاری داریم ولی کدام TEرا انتخاب می‌کنیم ؟

Time اکوی انتخابی ما به کنتراست ما وابسته است. اگر کنتراست T1 رامی خواهیم بایدTE کوتاه راانتخاب کنیم (یعنی ۱ و ۲)

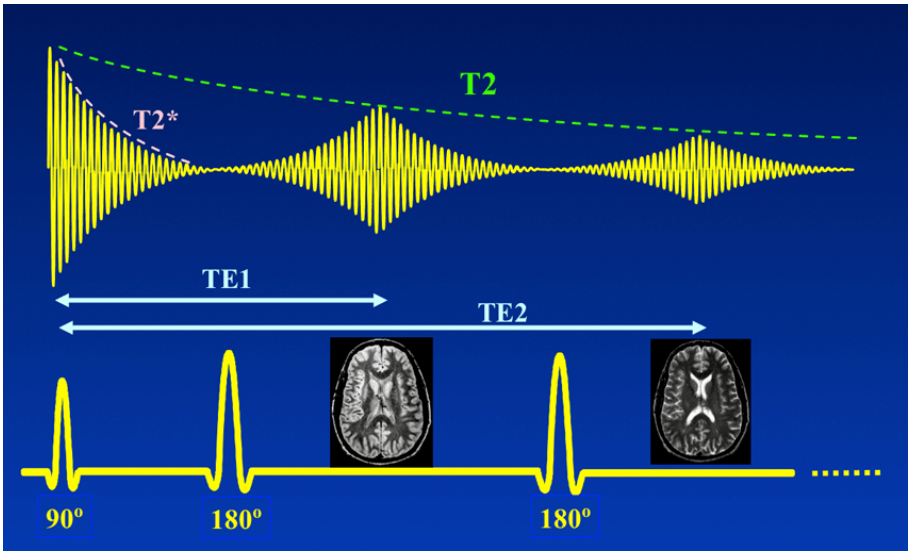
برای کنتراستT2، TE بلند را انتخاب می‌کنیم (۴ و ۵) وبرای کنتراستPD ، TE وسطی یعنی(۳) ما درFSE، TEموثر یا TE effective داریم یعنی ما اگر می‌خواهیم کنتراستمان T2 باشد باید TEپنجم (بلند) را انتخاب کنیم که با این TE قسمت مرکزی فقط k پر می‌شود که قسمت مرکزی کنتراست تصویر را مشخص می‌کند و TE های کناری جزئیات راتشکیل می‌دهند.

سوال : اگر بگویم TE effectiveما TE_5 می‌باشند این به معنا ان است که این TE در تشکیل کنتراست نقش دارد و TE های دیگر جزئیات راتشکیل می‌دهند و چون TE پنجم TE بلندی است پس کنتراست ما T2خواهد بود.

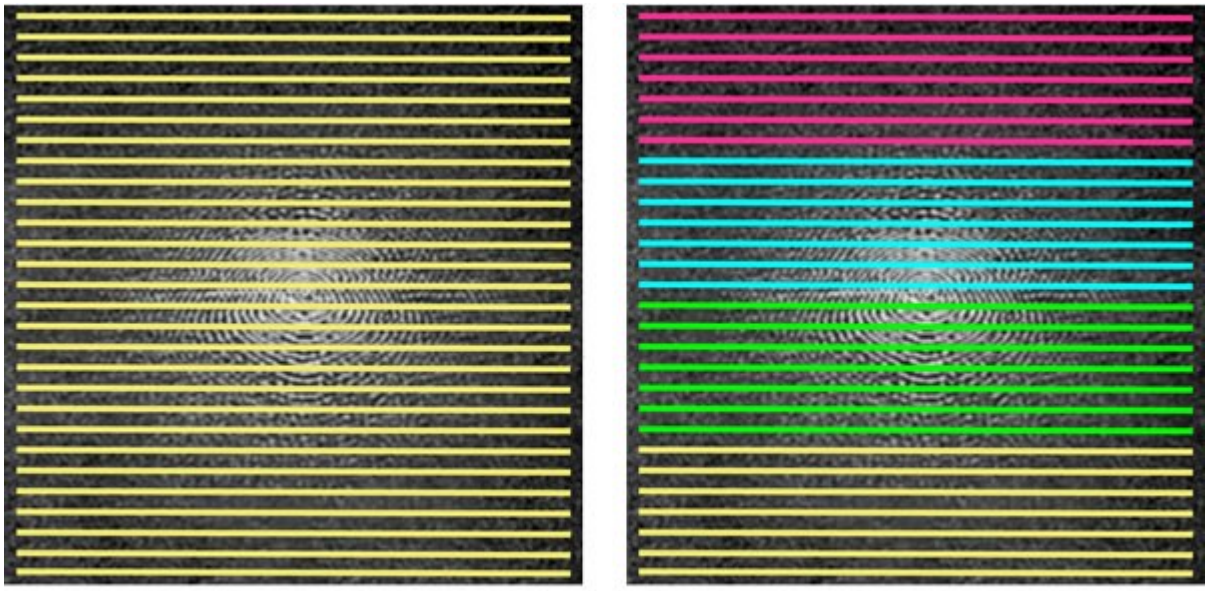
Turbo factorیا ETL: ETLما در شکل بالا ۵ می‌باشد. (یعنی تعداد پالس‌های ۱۸۰درجه) که این شماتیک است مادر عمل ETL های ۱۵ یا ۲۰ را اعمال می‌کنیم.

*باETL بالا : ۱. زمان تصویربرداری مان کمتر می‌شود. ۲. کیفیت تصویربرداری بدتر می‌شود.

*در سکانس های توربو اسپین اکو یا T2 Trubo SEبه طور میانگین از turbo factor , 15-20 درکلینیک ها استفاده می کنیم باتوجه به اینکه بیمارکودک یا بد حال است یا نه ETLرا می توانیم تغییر دهیم.



نحوه ی پر شدن فضای K : یا single shot و یا multi می‌باشد.



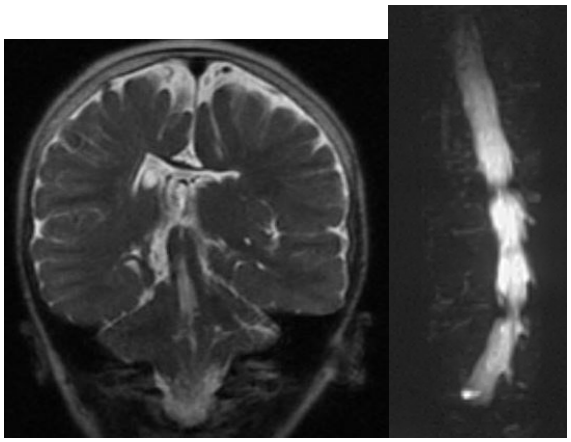
*ما می‌توانیم به جای آنکه کل فضای k را پرکنیم یک دوم آن را پرکنیم ومابقی آن بازسازی شود که یکی از مثال‌های آن استفاده از GRAPPA است (تکنیک iPAT).

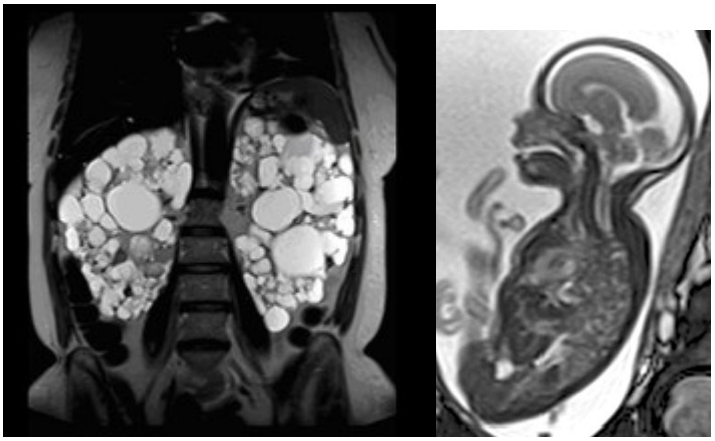
اگر در TURBO SE، یک دوم فضایk پر شود، به آن HASTE یا SSFSE (single shot fast spin echo) گفته میشود.

*درHASTE کنتراست ما T2 می‌باشد.

*HASTE نوعی TURBO SPIN ECHO می‌باشد

*کاربرد آن در میلوگرام می‌باشد (MIyelogram) => HASTE جایگرین میلوگرافی شده است و امروزه درعرض ۲۵ ثانیه با سکانس HASTE میلوگرام یک تصویر کاملاً T2 تهیه می‌شود که می تواند هم در مقطع کرونال و هم در مقطع ساژیتال تهیه شود.

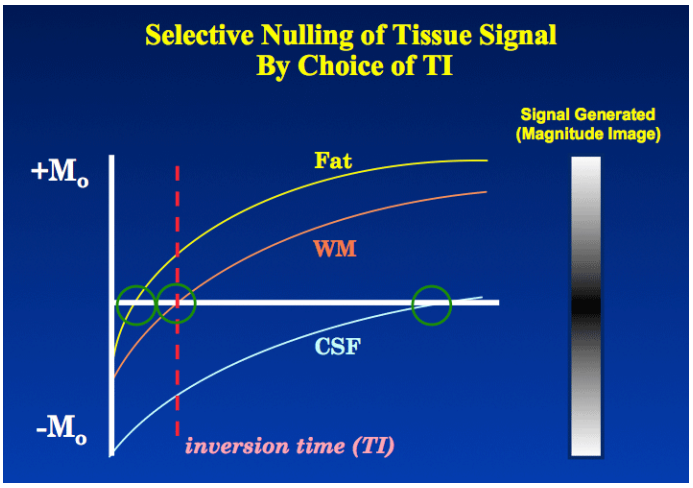




IR (INVERSION RESOVERY)

یکی از انواع دیگر سکانس های MRI می‌باشد که در آن ابتدا یک پالس۱۸۰درجه (امروزه ۱۲۰ درجه) ارسال می‌شود و بعد از آن پالس ۹۰ درجه و سپس یک پالس ۱۸۰ درجه دیگر داده می‌شود و نهایتا echo دریافت می‌شود.

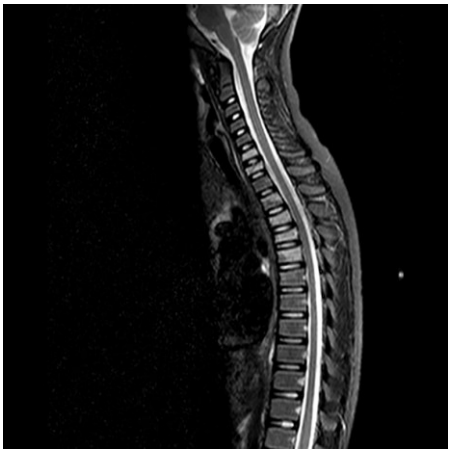
*وقتی پالس 180 RFدرجه داده می‌شود به تدریج recovery می‌شود. و نمودار به سمت + حرکت می‌کند. تا جایی که خط افقی نمودار را قطع می‌کند (null point که اگر در آنجا پالس RF را ارسال کنیم هیچ نوع سیگنالی نخواهیم داشت).



*زمان بین اعمال پالس ۱۸۰ و ۹۰ درجه TIیاInversion time نام دارد.

انواع inversion recovery را داریم مثل FLAIR وSTIR و..... ما درکلینیک از STIR و FLAIR استفاده می‌کنیم اما نام این سکانس ها در برخی از دستگاهها متفاوت است که به آن ها TIRM می گوییم. که جزو سکانس‌های TURBO می‌باشند چون تکرار پالس‌های ۱۸۰ درجه را داریم و به آن TIRMمی گوییم.

TIRM آیا همان FLAIR است ؟ بستگی به نول پوینت دارد اگر چربی حذف شود stir گفته می شود ولی اگر مایعات حذف شود FLAIR گفته می شود. به عبارتی دیگر بستگی دارد که کدام بافت حذف می شود معمولا وقتی Tirm می نویسند در اول کلمه Tirm وقتی T2 نوشته شود یعنی T2-tirm در واقع سکانسی است که چربی در آن سکانس، حذف شده و کنتراست تصویر T2 است. مثل تصویر زیر که چربی حذف شده اما مایعات هایپرسیگنال هستند.



*اصل سکانس ما TIRM می‌باشند ما برای آنکه مشخص کنیم کدام ماده در آن حدف می‌شود آن را به صورت TIRM-dark-fluid می‌نویسیم که dark fluid در آن یعنی مایعات حذف می‌شوند (سیاه می افتند) که در واقع Null point آن تقریبا ۲/۵ ثانیه است که مایعات حذف می شوند.

Null point = T1x0.693T1 (same tissue)

* اگر به جای مایعات چربی حذف شودTIRM راخواهیم داشت.

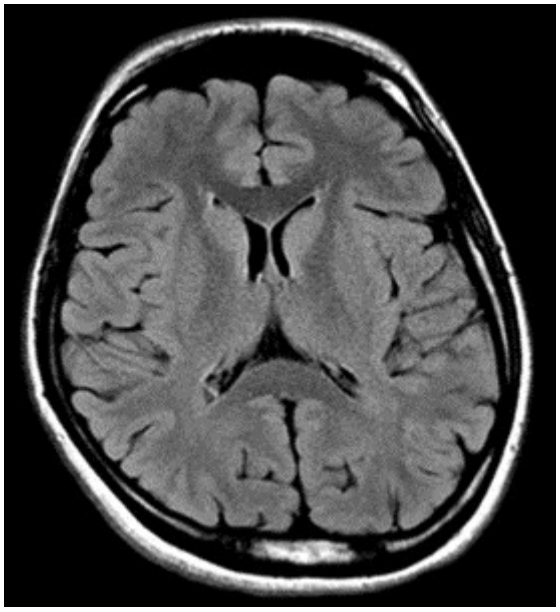
* FLAIR (fluid attenuated inversion recovery) همان سکانس TIRM-dark fluid است که در دستگاه زیمنس گفته می شود در کلینیک معمولا FLAIR رایج تر است و آن را درخواست می‌کنند.

FLAIR=>TIRM_dark_fluid

*در زیمنس ما به تکنیک TIRM_dark fluid, turbo inversion recoveryمی گوییم.

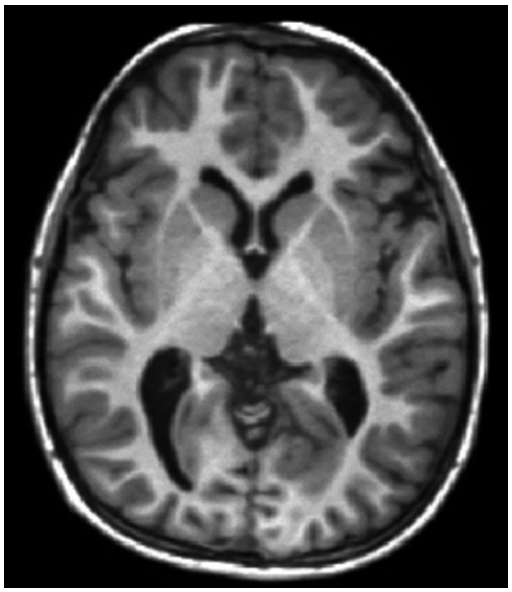
*چون وزن‌ها T2 می باشندعبارت TIRMبه این صورت در می‌آید.

کنتراست: T2_TIRM_dark fluid: شبیه تصویر زیر است که T2-tirm dark fluid است. و مایعات حذف شده است. به بطن ها نگاه کنید.



کنتراست: T2_TIRM_dark fluid

*علاوه برT2 ما T1 TIRM_dark fluid هم داریم. مثل تصویر زیر که البته زیاد کاربرد کلنیکی ندارد چون شبیه T1 است اما سیگنال مایعات کاملا حذف شده است.



*در T2 TIRM_dark fluid کنتراست ما T2 می‌باشد و نحوه بازسازی تصویر به صورت (inversion recovery) می باشد و در این سکانس مایعات حذف شده است.

Short tau inversion recovery=STIR اگر TIما به گونه‌ای باشدکه چربی حذف شود به آن STIR می‌گویند.

*دردستگاه زیمنس s نوشته نمی‌شود وبه آن TIRMمی گویند.

دقت: T2_TIRM = برای FLAIR و TIRM معمولاً برای STIR می‌باشد

مزایای STIR یا TIRM

به غیر یکنواختی میدان مغناطیسی حساس نیست (درهردستگاهی می‌توانیم این سکانس را داشته باشیم)

*اگر تصویری را ببینیم که چربی در آن حذف شده است (STIR) و وزن آن T2می‌باشد.

ازکجا می‌فهمیم وزن تصویرT2 است؟ وقتی صبحت از وزن تصویر باشد به مایع نگاه می‌کنیم. اگرمایع سفید دیده شود پس وزن تصویرT2 است (چربی حذف شده) پس می‌شود T2_TIRM

آیا مایع سیاه است؟ خیر پس dark fluid نداریم پس T2_TIRM راخواهیم داشت. بنابراین وزن تصویر STIR ما T2 می‌باشد (چون T2_TIRMمی‌باشد) ولی دقت کنید که نحوه ی recovery آن T1 است و نمودار ان برمبنای زمان آسایش T1 بالا می آید.

*در T1 چربی مشخص است.

*در STIR چربی حذف می‌شود.

* هیچ گونه غیر یکنواختی از نظر کنتراست در تصویر نمی‌بینیم یعنی هم درقسمت بالاوهم قسمت پایین چربی به صورت یکنواخت حدف شده است.

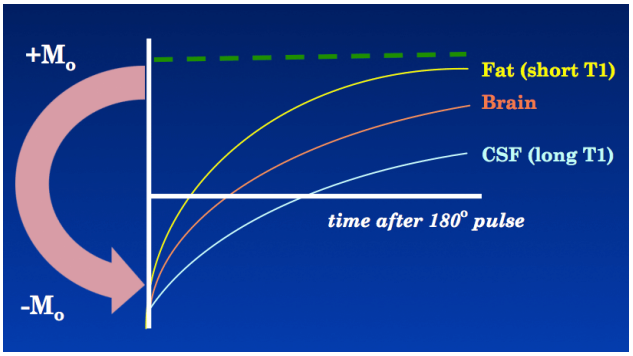
عیب این سکانس : بعد از ماده کنتراست نمی‌توانیم از ان استفاده کنیم چرا؟ چون تصویر بر وزن T2 است و اگر توده ای اینهنس یا تشدید شود نمی توانیم اینهنش شدن توده ببینیم.

- دو نوع روش بازسازی وجود دارد :

۱- Magnitude : بازسازی بر مبنای بزرگی

پالس invert کننده که داده شد(۱۸۰ درجه)، تمامی بافت هایی که داخل برش هستند invert می شوند و بعد CSF شروع به کوچک تر شدن می کند یعنی بردار آن کوچک تر شده و به نقطه ای می رسد که هیچ گونه امتدادی در جهت بالای محور ندارد. در این زمان یک پالس RF ۹۰ درجه ارسال می کنند که به این نقطه، Null Point یا نقطه صفر می گویند که اگر دقت شود سیگنال آن نقطه صفر(سیاه) است؛ یعنی در آن نقطه در تصویر، CSF را به صورت low signal خواهیم دید و بافت های دیگربسته به اینکه کجا باشند سیگنال های متفاوتی خواهند داشت. فرض کنید پالس ۹۰ درجه را در نقطه ی A ارسال کنیم، در

این حالت برخی از بافت ها بالای محور هستند(Fat و WM) و برخی پایین محورهستند(CSF).



با بالا و پایین بودن کاری نداریم فقط بزرگی اش را نشان می دهد. یعنی همه آنها سیگنالشان را می دهند بدون توجه به اینکه بردارهای ریکاور شده بالای محور باشند یا پایین محور. کار پالس ۹۰ درجه هم فاز کننده است، یعنی وقتی این پالس را می دهیم، برداری که زیر محور است به همان اندازه بالا می آید و به اندازه شدتش روی کویل تاثیر می گذارد و سیگنال خواهیم داشت. به این روش Magnitude IR گفته می شود که ۹۹ درصد سکانس ها به این روش هستند.

* : Inversion Recovery با هدف حذف آب صورت می گیرد؛ یعنی آب به رنگ سیاه دیده می شود مانند CSF که بازسازی Magnitude است.

۲- Real : بازسازی واقعی یا true IR

پالس ۹۰ درجه RF را اعمال می کنیم، منفی هایی که بالای محور هستند بردارشان را به این صورت فرض می‌کنیم و آن هایی که پایین هستند به این صورت در نظر می گیریم. یعنی :

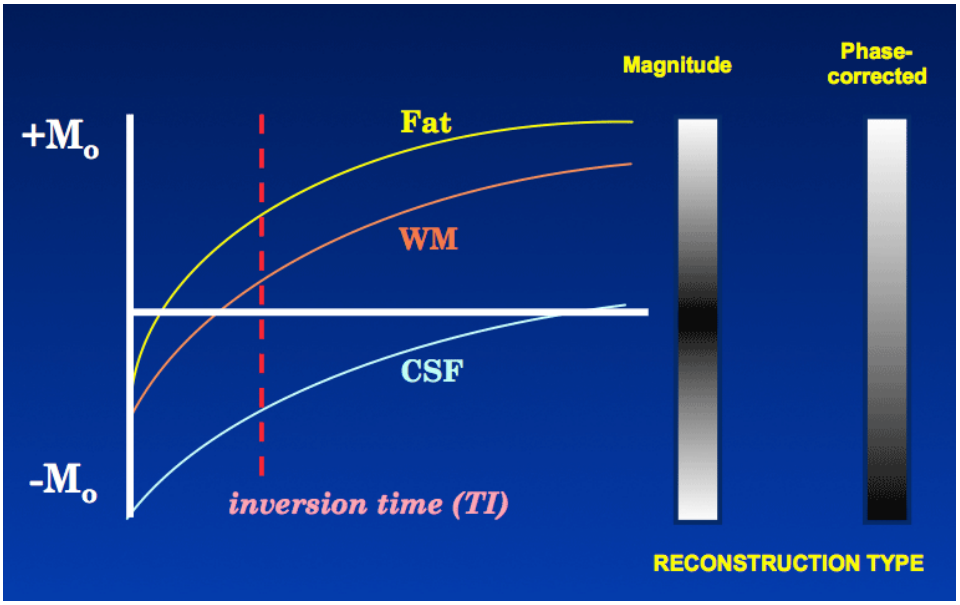
زرد (Fat) قرمز (WM) سفید (CSF)

نحوه بازسازی اینگونه است که هر چه null point دورتر سیاه تر(به سمت پایین) و هرچه به سمت بالاتر سفیدتر(آنهایی که بالای محوراند سفید و آنهایی که زیر محورهستند سیاه)

فرض کنید می خواهیم سیگنال WM را حذف کنیم و می دانیم که در دستگاه T ۱/۵ :

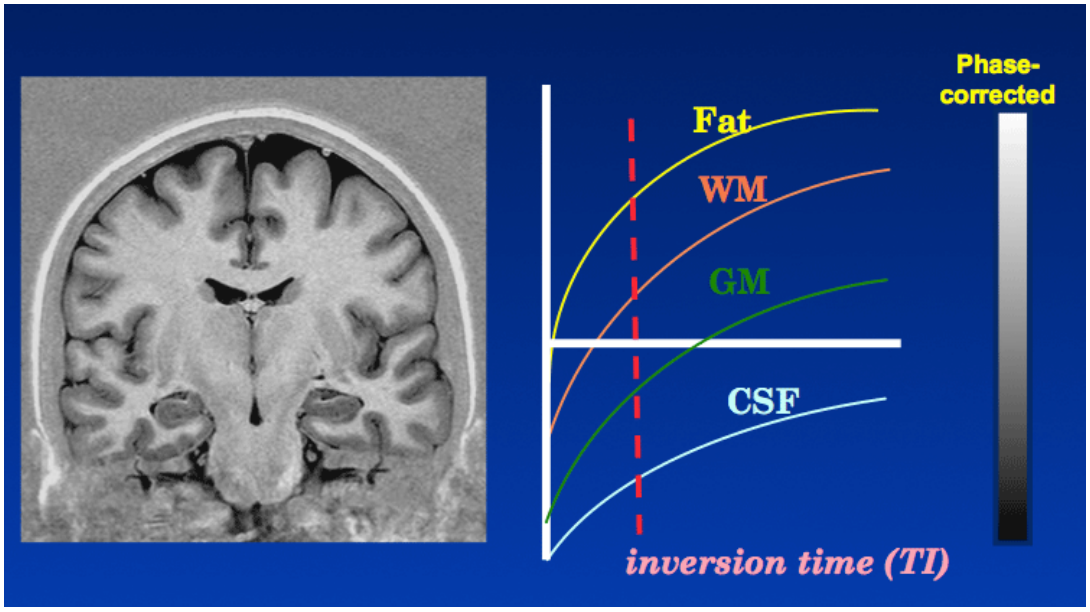
$$TI = 0.693 * T1$$

در دستگاه های ۱/۵ T، null point برابر ۳۲۰ میلی ثانیه محاسبه شده است. یعنی اگر پالس ۹۰ را روی null point wm که مساوی ۳۲۰ میلی ثانیه است تنظیم کنیم؛ سیگنال WM حذف می شود. اگر بازسازی Magnitude باشد WM سیاه دیده می شود ولی اگر بازسازی Real باشد کنتراست خواهد داد.



Null point تصویر WM است بر مبنای بازسازی real یعنی به جای اینکه WM سیاه دیده شود، به صورت خاکستری دیده می شود و مایع که زیر منفی و دورتر است سیاه دیده می شود. کاربرد : جهت بررسی نواحی hypocampus در بیماران تشنجی که قسمتی از این ناحیه اسکلروزه می شود که این نواحی با این کنتراست بهتر دیده می شوند.

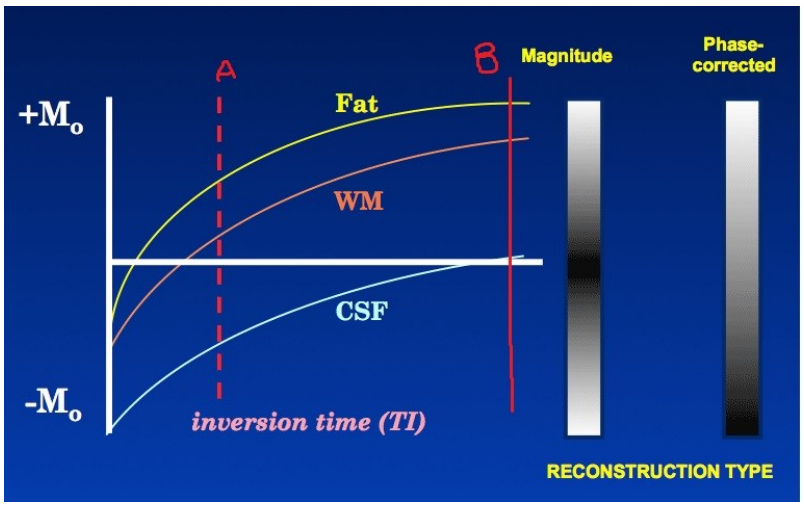
WM و GM در دو کنتراست Real یا TIR (Phase Corrected IR) خیلی خوب دیده می شوند.



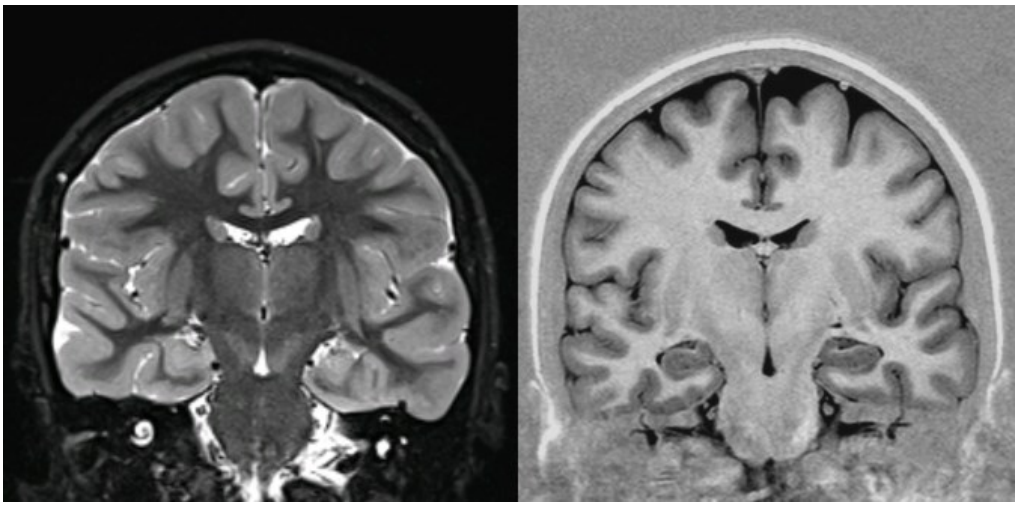
* : در کتاب وست بروک یک استدلالی کرده است که اگر تصویر Magnitude یا Real را داشته باشیم و آن تصویر را invert کنیم؛ همان تصویر T2 می شود. (منظور از invert یعنی مثبت و منفی کنیم).

*: اگر Real را invert کنیم، تصویر شبیه magnitude می شود.

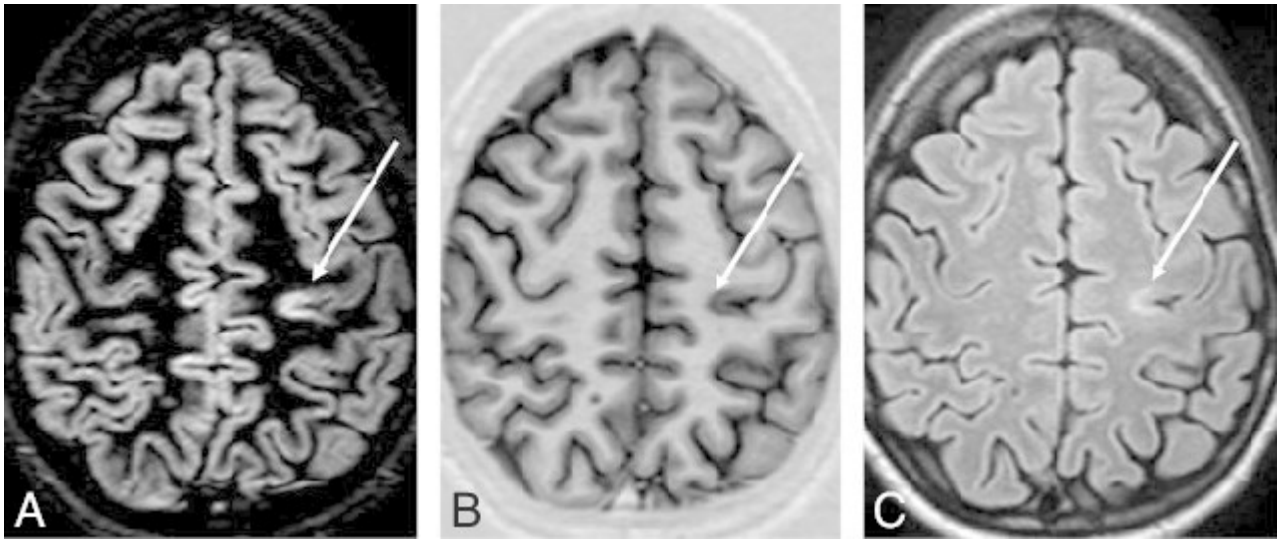
*: اگر TI را افزایش دهیم (از A به B)، آیا بازسازی real با بازسازی magnitude فرق خواهد کرد؟ در TI بالا، همه آنها بالا هستند و شبیه تصویر B می شود و تصویر سفید سفید نمی شود. به این خاطر است که در کتاب وست بروک گفته می‌شود مثل این است که تصویر invert شده. در کتاب های مهندسی Phase Sensitive Inversion Recovery گفته می شود.



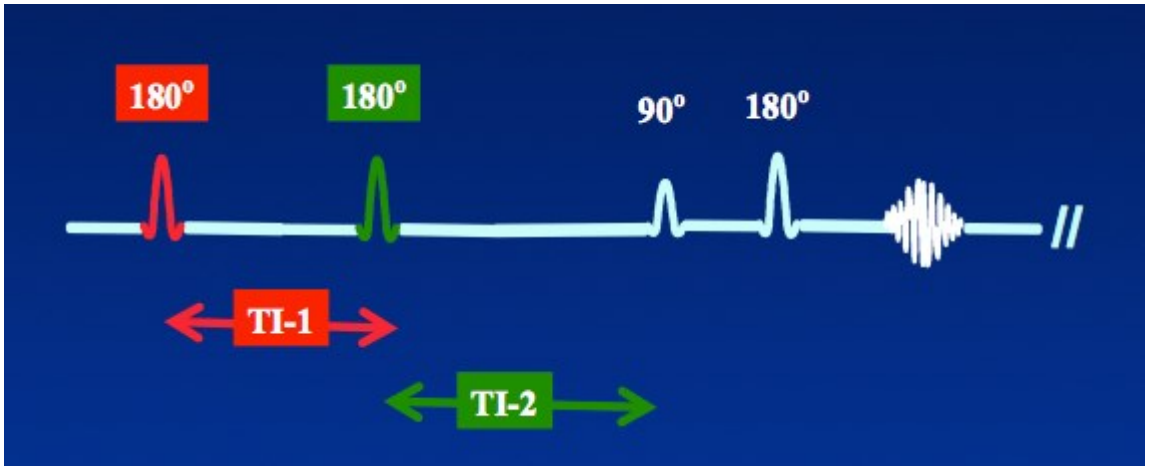
*: در تصاویر magnitude بزرگی بردارها (اندازه بردارها) مهم است. وقتی نمودار T1 بالا رود بزرگی بردارها را بازسازی میکنیم.



یک سکانس دیگر که جز خانواده IR است، Double Inversion Recovery است. در DIR یک پالس ۱۸۰ درجه برای حذف CSF و یک پالس ۱۸۰ درجه دیگر برای حذف WM می دهند. پس DIR سکانس با ارزشی جهت بررسی پلاک های MS است. پلاک های MS، WM را درگیر می کند، وقتی WM سیاه باشد، پلاک های MS به رنگ سفید دیده می‌شوند.

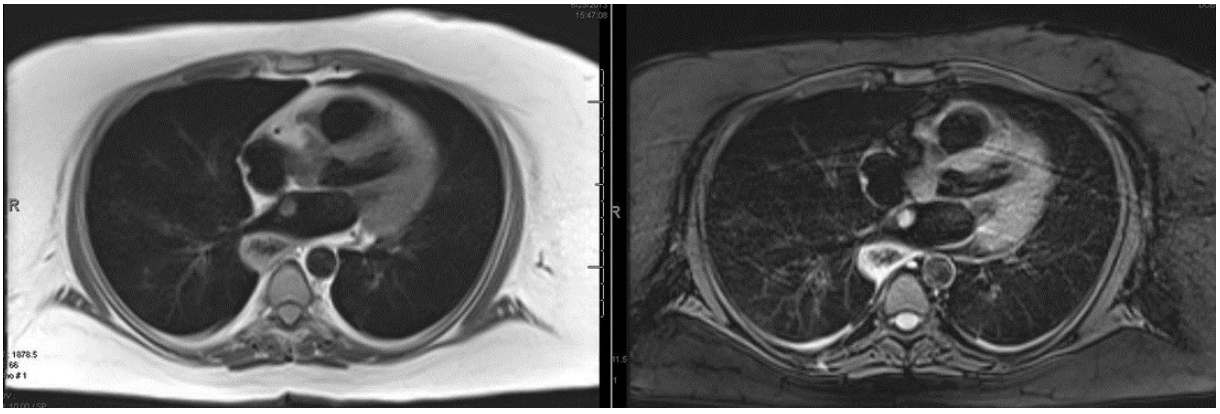


تصویر A، DIR است و تصویر B phase sensitive و تصویر C، T2-tirm-dark fluid or FLAIR است.



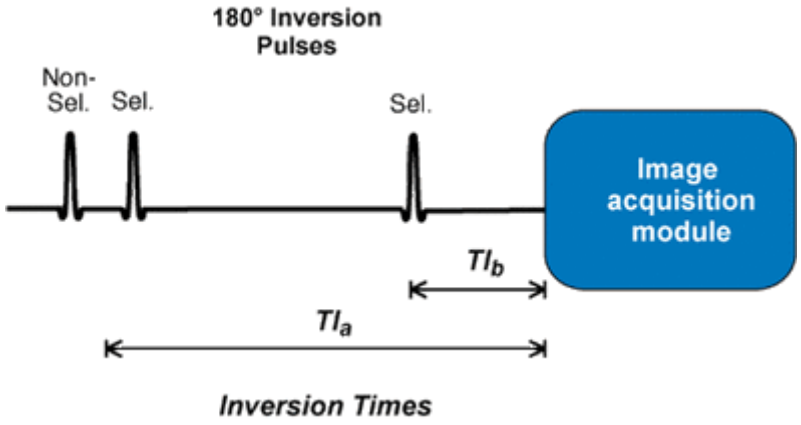
علاوه بر DIR، Triple IR نیز داریم. کاربرد Triple IR در قلب است و برای مشخص کردن میوکارد. جریان خون را حذف می کند. می توان گفت DIR همراه با STIR است.

تصاویر DIR و TIR نشان داده شدند! ☺



نحوه انجام Triple IR: پالس ۱۸۰ درجه اعمال می شود به صورت غیرانتخابی. یعنی پالس RF به کل بدن ارسال می‌شود و تمامی پروتون هایی که در جهت Z (برآیند آنها در جهت Z) هستند پایین برمی گردند و تمامی بردارها invert می‌شوند. بعد به صورت انتخابی ۱۸۰ درجه دیگر داده می شود. یعنی پالس

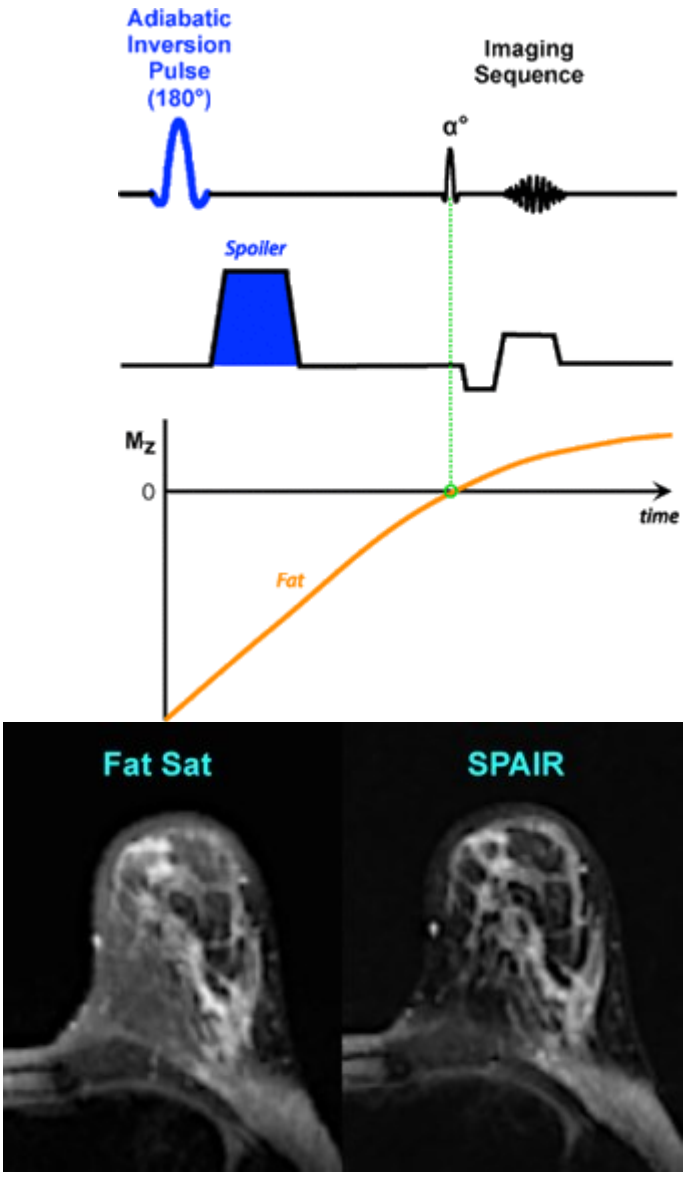
RF دوم به برش خاصی داده می شود و بعد دوباره پالس ۱۸۰ درجه دیگری به برش خاص دیگری(تمام بافت هایی که در آن برش است) وارد می شود.(یک selective و دو nonselective). در نتیجه این فرآیند میوکارد همراه با چربی حذف می شود.



سکانسی دیگر برای حذف چربی Spectra Attenuated IR (SPAIR) است. این روش به صورت هدف دار invert می‌کند و با تمامی بافت ها کاری ندارد و فقط چربی را هدف قرار می دهد و invert می کند. در magnitude و inversion همه را invertمی کردیم اعم از چربی، آب، WM و GM. ولی در SPAIR فقط چربی invert می شود.

در روش SPAIR، در null point چربی پالس ۹۰ درجه را ارسال می کنند. چگونه فقط چربی را invert می کنند؟ محاسبه می کنند و می فهمند که بافت چربی در چه فرکانسی داخل میدان مغناطیسی T ۱/۵، precession می کند یعنی چربی precession خاصی دارد و طبق آن precession خاص، یک پالس RF خاص invert کننده ۱۸۰ درجه اعمال می‌کنند تا سیگنال ندهد و یکنواختی تصویر بهتر است.

کاربرد این روش: چربی را بهتر Suppress می کند اما فقط چربی را Suppress می کند و کاری با دیگر بافت ها ندارد و زمان بر است. مثلا اگر یک سکانس Turbo IR سه دقیقه طول بکشد این ۶ دقیقه طول می کشد. حداقل دو برابر زمان بر است. نیاز به دستگاه T 1.5 دارد و با دستگاه های 0.2 و 0.۳ تسلا کار نمی کند. SPAIR سکانسی است که می توان در تمامی سکانس ها استفاده کرد و چربی را حذف کرد مثل تصاویر بر وزن T1، T2 و PD.



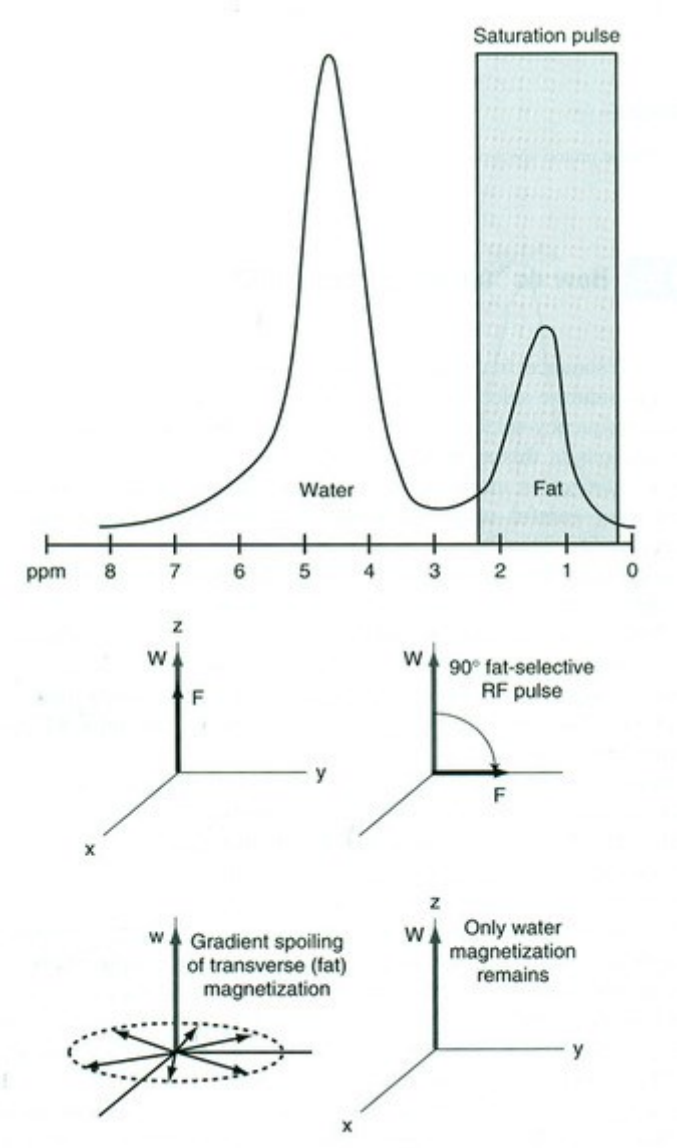
*: در تصویر اسلاید مایعات دیده می شود، پس بر وزن T2 است که چربی حذف شده پس SPAIR.

میخواهیم تصویری بگیریم که بر وزن T1 باشد و چربی حذف شده باشد. در این حالت یک پالس RF-Fat SAT هم فرکانس با پالس RF چربی ارسال می کنند تا چربی را حذف کنند. فرض کنید چربی داخل بدن با یک فرکانس می چرخد و پالس RF ۹۰ درجه ارسال می شود و یک گرادیان تخریب کننده یا Spoil اعمال می شود که چربی بتواند سیگنال بدهد. وقتی گرادیان اسپویل اعمال شود؛ تمامی بردارها جمع شده و

جمع برآیند آنها صفر می شود و هیچ نوع سیگنالی داده نمی‌شود که به آن Spoil می گویند.(هیچ نوع سیگنالی از چربی نخواهیم داشت).

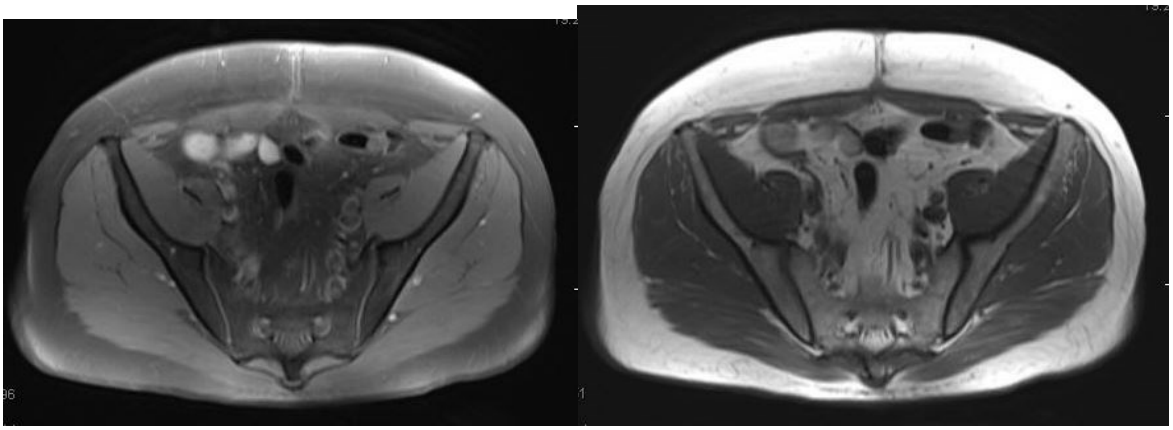
پس می توان در ابتدای تمامی سکانس ها یک پالس Fat SAT اعمال کنیم مثل Fat SAT در ابتدای T2،T1 و PD

مزایا: وقتی چربی حذف شود جزییات آناتومیکی بهتر دیده می شود.

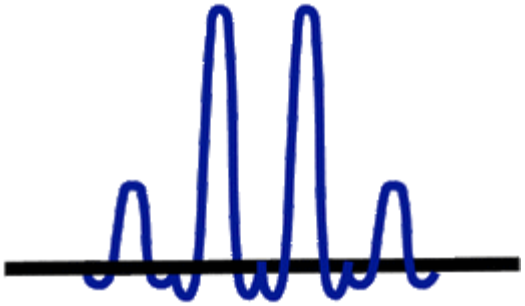


*: از **Fat SAT بعد از تزریق ماده کنتراست می توان استفاده کرد ولی بقیه را نه.**

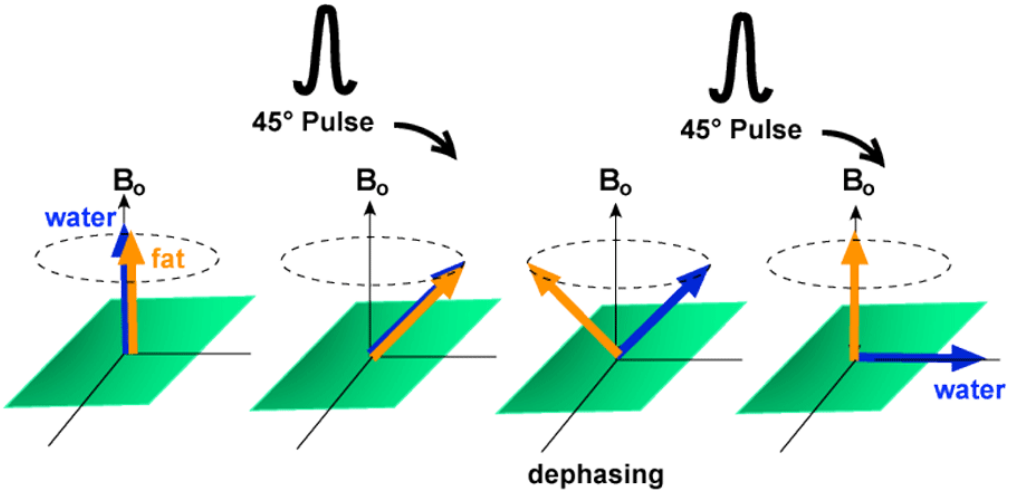
قبل از تزریق، یک T1-Fat SAT بگیریم و بعد از تزریق نیز همین تصویر را بگیریم، هر چه Enhance شد تومور است. در بقیه روش ها نمی توان بعد تزریق ماده کنتراست تصویربرداری کرد، زیرا کار ماده کنتراست این است که زمان آسایش T1 را پایین می آورد که در بقیه کنتراست T2 است. پس بعد از تزریق ماده کنتراست کاربردی ندارند.

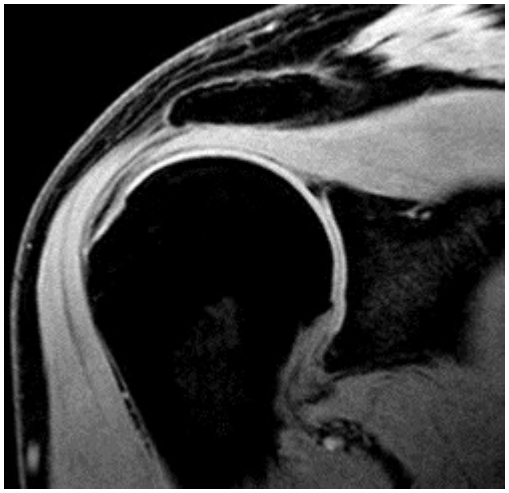


تمامی بردارهایی که داخل بدن هستند، وقتی داخل میدان مغناطیسی می رویم در حال چرخش اند و با یک فرکانس خاصی می چرخند. مثلا فرض کنید چربی سریع و آب آرام می چرخد و اگر یک پالس هم فرکانس چربی بدهیم؛ آن را تشدید می کند . یک گرادیان Spoil به آن می خورد و نمی گذارد چربی سیگنال بدهد و بافت های دیگر سیگنال می‌دهند. همین کار را میتوان برای آب نیز انجام داد که به آن Water Excitation می گویند یعنی کاری با بافت آب نداریم و یکبار پالس RF 45 درجه هم فرکانس با چربی می فرستیم و بردار برآیند بافت چربی ۴۵ درجه منحرف شده با توجه به الینکه بافت چربی زمان آسایش کمتری دارد، با ارسال پالس رادیویی ۴۵ درجه دیگر در نهایت هیچ سیگنالی از چربی نخواهیم داشت که به این نوع از پالس ها، پالس Binominal می گویند. [45º-45º] یا (22.5º-45º-22.5º)



1:3:3:1 Binomial Pulse





کاربرد این روش: وقتی بخواهیم سیگنال آب یک بافت را حذف کنیم و دریافت نکنیم از این سکانس استفاده می کنیم. مثلا T2-Water Excitation .

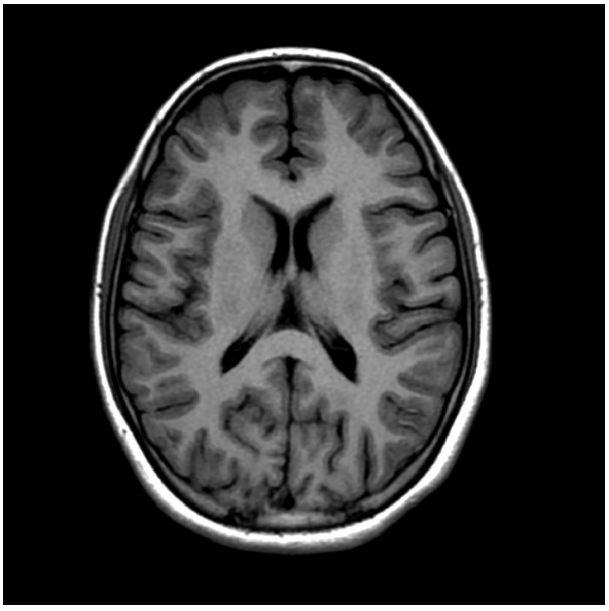
Fat SAT و Water Excitation با نوع سکانس کاری ندارند و می توانند SE، FSE و یا GE باشد. ابتدای سکانس اعمال می شود و در همه موارد بالا اعمال می شوند.

*: می توان این دو روش را با هم نیز استفاده کرد.

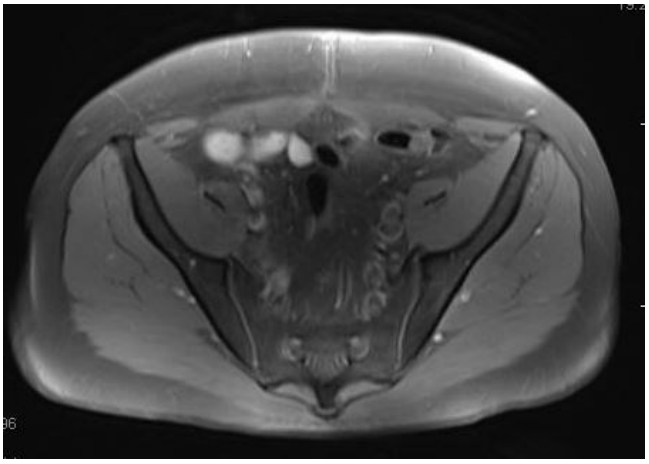
Fat Suppression	Water Excitation
Stimulate fat protons	Stimulate water protons
Dephase fat with spoiler gradients	No dephasing or spoilers

نکات

T1-W است چون چربی Hypersignal است.

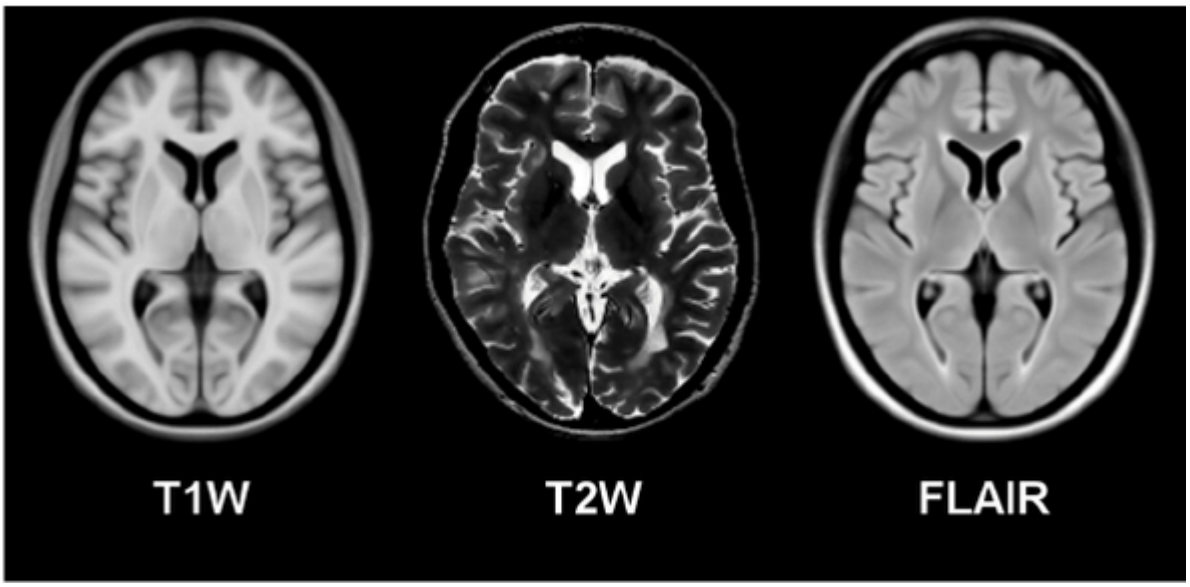


عیب Fat SAT: برخی جاها چربی حذف نشده به این خاطر است که می گویند T1 Fat SAT به غیریکنواختی میدان مغناطیسی حساس است. مثلا اگر میدان یکنواخت باشد یا مریض در بدنش جسم خارجی داشته باشد، میدان در حاشیه هایی که نزدیک کویل هستند یکنواخت نمی شود و ممکن است که سیگنال چربی حذف نشود.



مزایای Fat SAT: می توان هم با تزریق و هم بدون تزریق استفاده کرد. اما از سکانس STIR فقط قبل از تزریق می توان استفاده کرد و تصویر تهیه شده بعد از تزریق، ارزش تشخیصی ندارد. اگر بیمار ترکش یا جسم خارجی داشته باشد در Fat SAT ممکن است قسمتی از تصویر سفید دیده شود اما در STIR ممکن است مشخص نشود و یکنواخت باشد.Fat SAT را می توان قبل از تمامی سکانس ها استفاده کرد.

تصویر: آب Hypersignal است؛ پس وزن تصویر T2 است و استفاده از Fat SAT ضایعه بهتر دیده می شود.



A: مایع سفید در نتیجه تصویر T2 و SPAIR چون یکنواخت است و کیفیت تصویر خوب است.

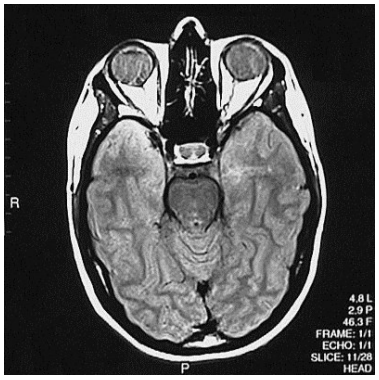
B: T2 و STIR چون کیفیت نسبت به C و a پایین تر است. Short Time Inversion Recovery

C: T2 و Fat SAT چون در قسمتی از بالا چربی حذف نشده است و غیریکنواخت است.

TIR (True IR): در بیماران تشنجی استفاده می شود.

TIRM: Magnitude است.

Proton Density به صورت روتین در مغز مورد استفاده قرار نمی گیرد. در این تصویر مایعات به صورت ایزوسیگنال هستند.



T2 TIRM Dark Fluid: مایعات تیره و low signal هستند.

در T2 Turbo Spin Echo چربی hypersignal است.

در T2-TIRM Dark Fluid Fat SAT که Fat SAT قبل از تمامی سکانس ها گرفته می شود و در تصویر چربی و آب low signal هستند. اگر non Fat Sat بود باید چربی hypersignal دیده می شد.

تصویر T1 جهت بررسی آناتومیکال استفاده می شود که چربی hypersignal است.

تصویر T2 جهت بررسی پاتولوژی ها. چون اگر توده یا ضایعه ای باشد باعث ادم می شود و مایع اطرافش جمع می شود و در T2 بهتر دیده می شود.

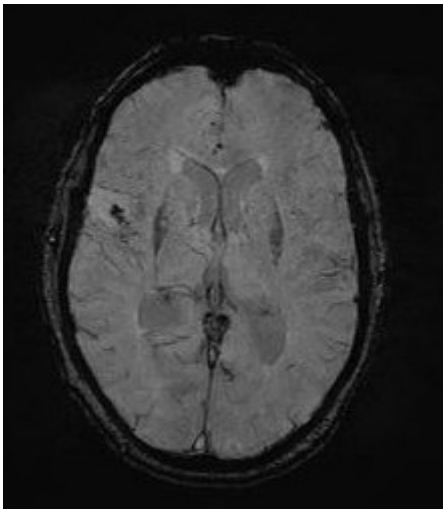
تصویر با مقاطع کرونال و T2 : در بررسی سیونس sagittal فوقانی این ناحیه تیره دیده می شود چون خون در این ناحیه در جریان است و طبیعی است که به صورت Hyposignal دیده شود. پالس ۹۰ درجه اعمال می شود و خون دریافت می کند. وقتی پالس ۱۸۰ درجه ارسال می شود خون دیگر جای قبلی خود نیست و حرکت کرده پس نمی تواند سیگنال بدهد و ناحیه به صورت Hyposignal دیده می شود. اما اگر Hypersignal دیده شود یعنی ترومبوز(لخته) ایجاد شده و خون حرکت نتوانسته بکند.

شریان بازیلاری در تصویر Dark Vessel MR Angiography که T2 است.

تصویر T1-TIR با بازسازی Real اگر invert شود تصویر T2-TIRM حاصل می شود که WM و GM کنتراست خیلی خوبی دارند.

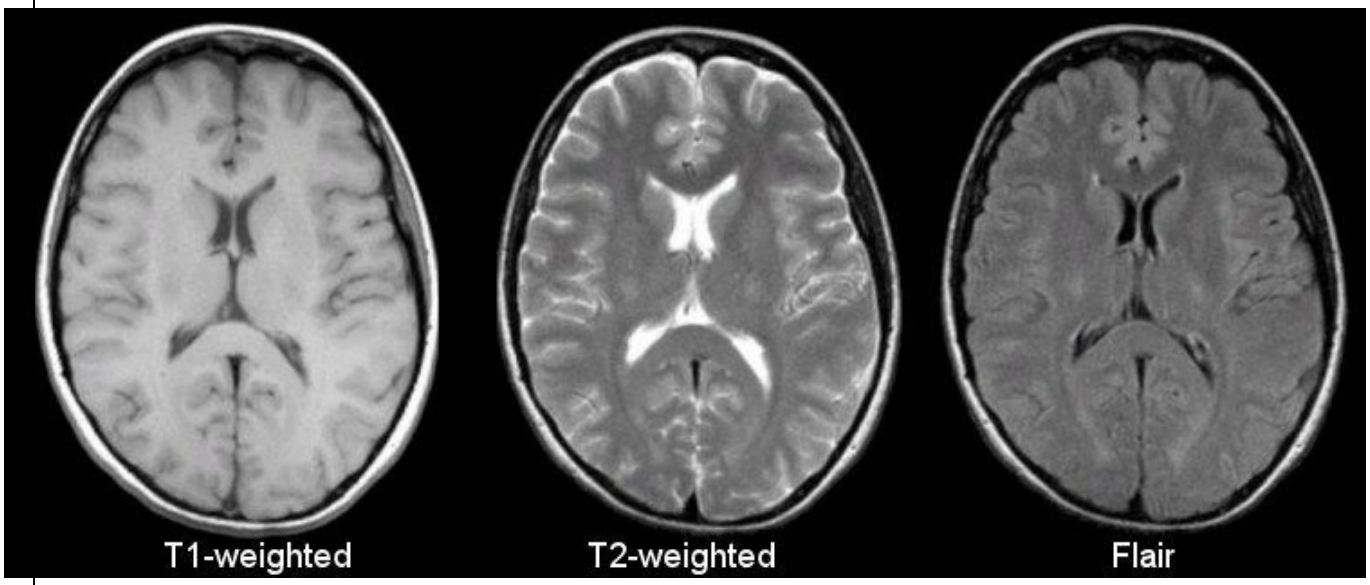
SWI یا Succeptibility Weighted یعنی چی؟

در این تصویر عروق به خوبی دیده می شوند و عروق ریز به صورت خطوط ریز مو مانند دیده می شوند و در گوشه تصویر خون ریزی کمی به صورت دون دون مشاهده می شود که به آن SWI (Suceptibility Weighted Imaging) گفته می شود. این وزن تصویربرداری جهت بررسی خون ریزی ظریفی است که در سکانس های دیگر قابل تشخیص نیست ولی در SWI به راحتی دیده می شوند و حساس به جریان خون می باشد و هر جا که خون در حال جریان وجود داشته باشد به صورت low signal دیده می شود.



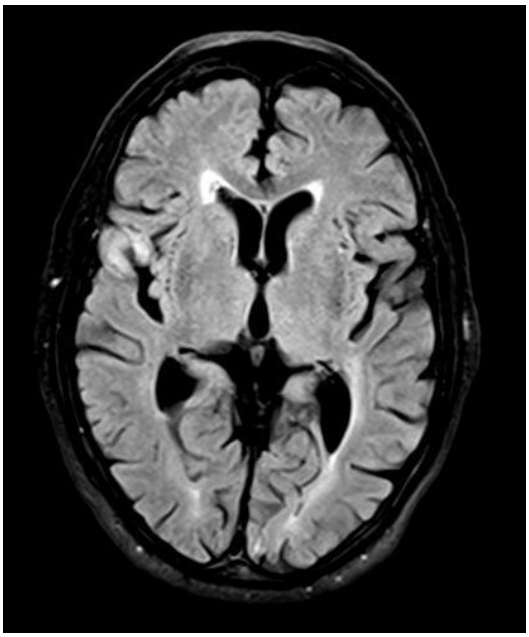
دو گرادیان اعمال می شود و هر جا که جریان خون احساس می شود آن ها را null کرده و حذف می کند و در واقع یکی از سکانس های گرادیان اکو می باشد.

* در هر تصویر برای تشخیص وزن آن اول آب را نگاه می کنیم؛ اگر هایپرسیگنال باشد وزن تصویر T2 است. آب نه در T1، نه در FLAIR و نه در T2-TIRM Dark Fluid هایپرسیگنال نخواهد بود. در مرحله دوم به چربی نگاه می کنیم اگر در تصویر چربی به صورت هایپرسیگنال دیده شد وزن آن T1 است پس در T1 چربی و در T2 آب هایپرسیگنال است.



* در تصویر T2-TIRM Dark Fluid، CSF را نیز به صورت low signal خواهیم داشت و همچنین اینجا هم چربی هایپرسیگنال است.

* اگر تصویر T2-TIRM Dark Fluid باشد اما چربی هایپرسیگنال نباشد؛ تصویر از نوع T2-TIRM Dark Fluid Fat Sat می باشد.

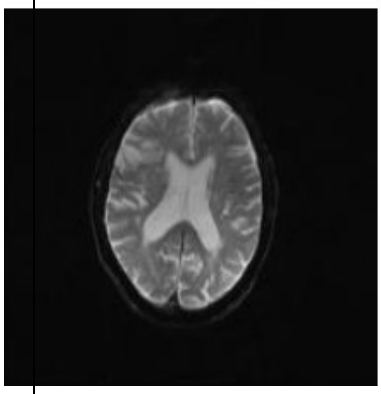
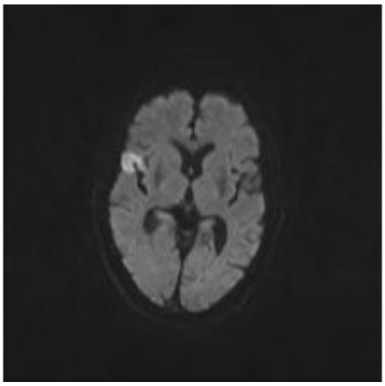
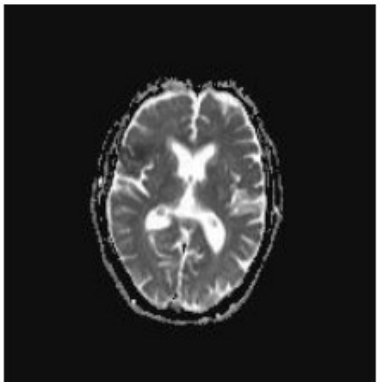


* در تصویر چربی هایپرسیگنال باشد T1 است اما اگر در این تصاویر استخوان خاکستری دیده شود وزن تصویر *T2 یا همان T2 گرادیان اکو می باشد.

در تصویر با وزن TIR، بازسازی به صورت Real می باشد و در این حالت اطراف تصویر سفید خواهد بود یا نگاتیو است که به صورت روتین در MRI استفاده نمی شود. اگر اطراف تصویر سیاه باشد پس بازسازی Magnitude است. اگر چربی مشخص نباشد Fat Sat دارد و آب low signal باشد تصویر T2-TIRM Dark Fluid Fat Sat خواهد بود.

* تصویری داریم به نام Diffusion Weighted Imaging (DWI) که مجموعه تصاویری شامل یک تصویر T2که b-value=0، یک تصویر Diffusion با b-value= 1000 و یک تصویر ADC-map که این تصویر ADC-map یک تصویر محاسبه شده است. کاربرد تصویر Diffusion جهت تشخیص

ایسکمی های مغزی و استروک ها در مراحل اولیه می باشد. اگر بیماری با علائم کرختی دست مراجعه کند و تصویر MRI در زمان طلایی گرفته شود و استروک تشخیص داده شود، با آمپول Tissue - TPA plasminogen activator لخته حل می شود و حال بیمار خوب می شود به شرط اینکه زمان طلایی (۶ ساعت اول بعد استروک) نگذشته باشد.

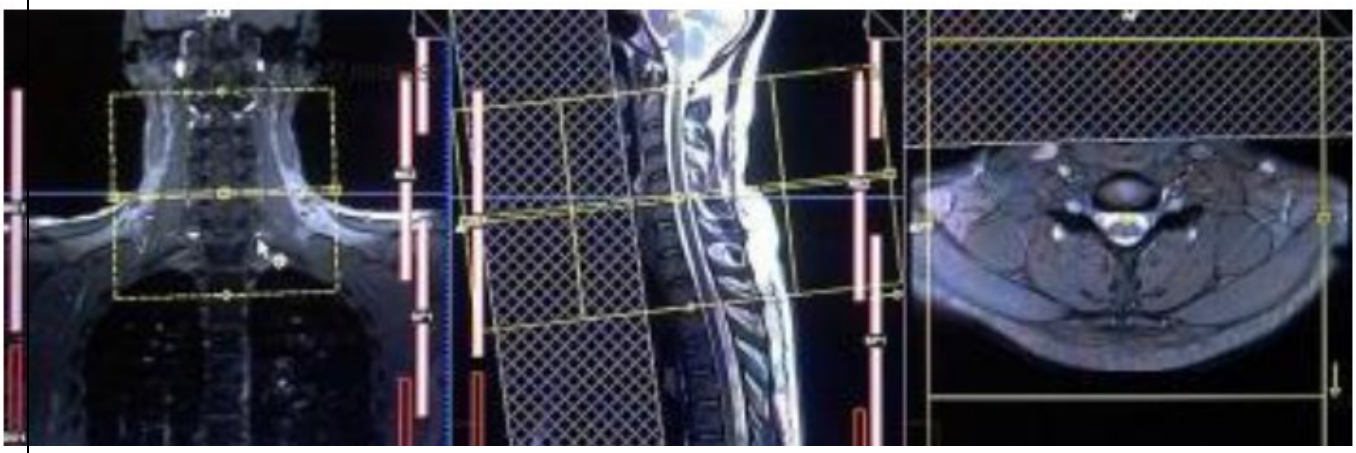
بنابراین در MRI جهت تشخیص سکته زودرس سکانس Diffusion اولین قدم ما خواهد بود. در انجام MRI مغز نیز انجام این سکانس جز اولویت های اول ما خواهد بود. اول این سکانس را می گیریم بعد T1 و T2 را تصویربرداری می کنیم چون این سکانس مهم است.

کاربرد دیگر سکانس Diffusion در افتراق توده از کیست است. یعنی اگر توده یا ایسکمی باشد در تصاویر Diffusion به صورت هایپرسیگنال و در تصاویر ADC-map به صورت low signal خواهد بود ولی اگر کیست باشد در تصویر T2 و Diffusion و ADC-map به صورت هایپرسیگنال دیده می شود.

در بخش رادیولوژی اگر بخواهیم پرتو X را محدود کنیم از کولیماتور استفاده می کنیم و در MRI هم وقتی بخواهیم سیگنال از نواحی ناخواسته دریافت نکنیم یا آرتیفکت حرکتی ناشی از جریان خون را حذف کنیم از پالس های اشباع یا پیش اشباع (Pre Saturation Pulse) استفاده می کنیم.

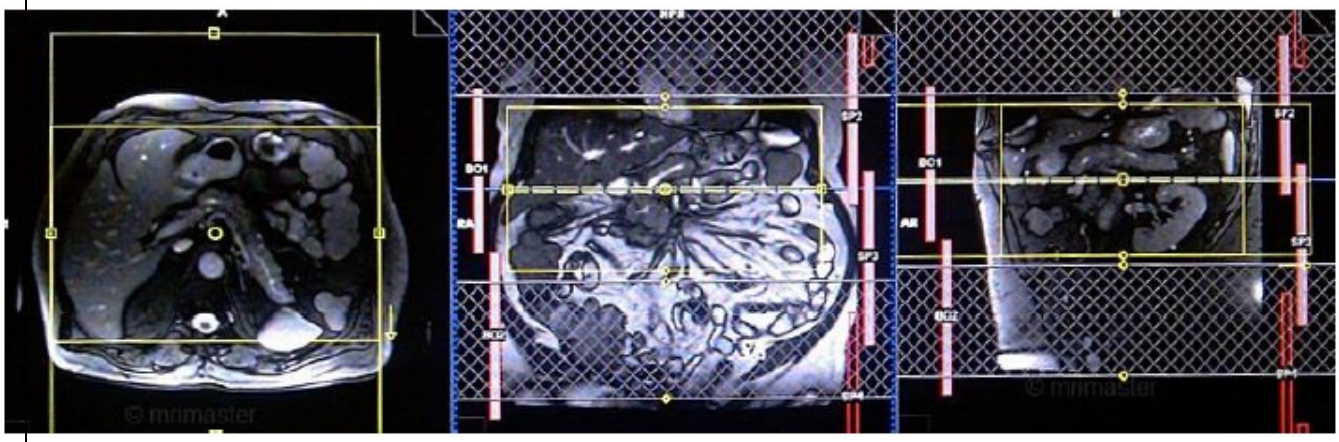
در بخش قدامی مقطع ساژیتال تصویر MRI گردن، یک سری خطوط مشبک وجود دارد که به آن Saturation Band می‌گویند. این باندها جهت حذف آرتیفکت های ناشی از حرکت حنجره می باشد. ممکن است مثلا حین تصویربرداری بیمار آب دهان خود را قورت دهد و حرکت حنجره آرتیفکت حرکتی

ایجاد کند و تصویر را خراب کند. به همین دلیل در این نواحی باند اشباع را قرار می دهیم. در تصویر MRI زانو یک باند اشباع بالا و یک باند اشباع پایین زانو قرار داده اند برای حذف آرتیفکت های ناشی از شریان هایی که از بالا می آیند و وریدهایی که از پایین می آیند.



یک کاربرد خیلی مهم این باندها در MR Angiography است. اگر بخواهیم MR Angiography از مغز انجام دهیم باید باند اشباع را بالاتر از مقطع بگذاریم تا خون وریدی که از بالا می آید سیگنالش حذف شود.

کاربرد دیگر باند اشباع در ناحیه شکم است. یک باند اشباع بالا و یک باند پایین قرار می دهند برای حذف آرتیفکت ناشی از جریان خون. تصویر آرتیفکت های آئورت بدون باند اشباع شبیه توپ پینگ پونگ دیده می شود. هر بار که قلب تپش می‌کند و پالس RF فرستاده می شود ممکن است تصویر شریان آئورت کمی جابه جا شود.

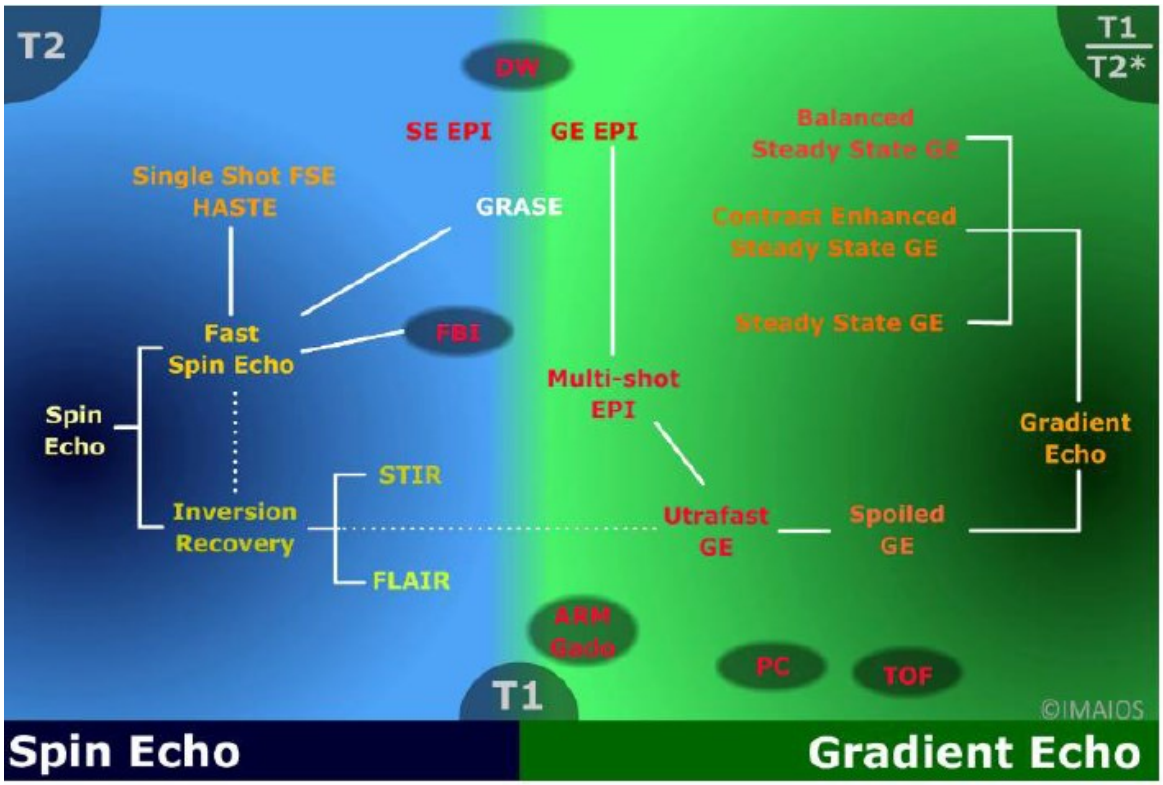


تقسیم بندی سکانس ها

اگر بخواهیم سکانس ها را تقسیم بندی کنیم دو شاخه اصلی اسپین اکو و گرادیان اکو خواهیم داشت. اسپین اکوها که کاربرد عمده آنها در تهیه تصاویر بر وزن T2 است. اگر بخواهیم آب را ببینیم دنبال اسپین اکو و فست اسپین اکو(FSE) می رویم. اسپین اکوها به دو دسته عمده Fast Spin Echo (FSE) و Inversion Recovery (STIR,FLAIR) تقسیم می شوند. FSE شامل Diffusion Weighted, Spin Echo EPI, Grace, Fresh Blood Imaging (FBI) می‌باشد.

خانواده گرادیان اکوها به دو شاخه عمده تقسیم می شوند که یکی از این شاخه ها Balance State Gradient Echo می باشد که بحث ما نیست.

* وزن گرادیان اکو T1 بر*T2 می باشد. یعنی وزن تصویر نه کاملا T2 و نه کاملا T1 است بلکه نسبتی از T1 و *T2 است.



سکانس های گرادیان اکو به دو دسته Coherent GE- و Incoherent GE- تقسیم می شوند.

توضیح کلی گرادیان اکو این است که گرادیان به معنای شیب است. وقتی میدان ۱/۵T داریم و به صورت یک خط صاف است یعنی هیچ نوع گرادیان اعمال نمی شود. وقتی گرادیان اعمال می شود یعنی روشن و خاموش می شود از نظر شدت سیگنال میدان مغناطیسی بالا و پایین می رود و یک تغییراتی ایجاد می شود. ما می توانیم از این مکانیسم جهت تهیه تصاویر استفاده کنیم در کمترین زمان.

چرا نیاز به تهیه تصاویر گرادیان اکو داریم؟ فرمول Scan Time = TRxNumber of Phase encodingxNSA را داریم. اگر بخواهیم زمان اسکن را کم کنیم باید تمامی فاکتورهای فرمول را کم کنیم. حداقل NSA یک می باشد یعنی یک بار سیگنال گیری انجام می شود. TR را نمی توان کاهش داد چون کنتراست تصویر تغییر پیدا می کند. پارامتر دوم را نیز اگر کاهش دهیم کیفیت تصویر کاهش پیدا می کند. در اسپین اکو و فست اسپین اکو واحدی به نام تعداد برش نمی بینیم پس با فرمول بالا تعداد مشخصی برش می توان تهیه کرد و بیشتر از تعداد نمی توان تهیه نمود. اگر بخواهیم تعداد برش بیشتر تهیه کنیم از

Concatenation استفاده می کنیم. ما می خواهیم در حداقل زمان به ازای یک برش این فرمال صادق باشد.

ما می خواهیم اسکن تایم به گونه ای باشد که علاوه بر پارامترهای قبلی، تعداد برش نیز دخیل باشد.

وقتی اسپین اکو یا فست اسپین اکو را داریم، پالس ۹۰ درجه ارسال می شود و سپس پالس ۱۸۰ درجه ارسال می شود و بعد اکو را دریافت می کنیم. چیزی که باعث افزایش زمان می شود پالس ۱۸۰ درجه است. اگر ۱۸۰ درجه نبود سریع بعد از پالس ۹۰ درجه اکو دریافت می شد. اگر بخواهیم پالس ۱۸۰ درجه را حذف کنیم که تصویر در مدت زمان کمتری تهیه شود؛ از سکانس های گرادیان اکو استفاده می کنیم. اگر گرادیان اعمالی ما مثبت باشد یعنی شدت میدان افزایش پیدا می کند. اگر نمودار گرادیان پایین تر بیاید یک شیب میدان مغناطیسی ایجاد می کند(شکل نمودار). با اعمال گرادیان در محورهای X،Y و Z ما موقعیت سیگنال ها را پیدا می کنیم.

وقتی گرادیان در جهت مثبت اعمال می شود و پالس RF ارسال می شود، سریعا Free Induction Decay(FID) اتفاق می افتد و نمی گذارد سیگنال گرفته شود. ما می آییم گرادیان را اعمال می کنیم. هدف ما این است که وقتی FID می خواهد رخ بدهد ما با اعمال گرادیان دوباره همفاز می کنیم. به جای اینکه از پالس 180 درجه استفاده کنیم از گرادیان ها استفاده می کنیم تا دوباره همفاز شوند و ما سیگنال آن ها را توسط کویل دریافت کنیم. این کار سبب می‌شود زمان اسکن ما کوتاه شود و به تعداد برش بستگی خواهد داشت برش به برش. در گرادیان اکو اسکن تایم برابر است با:

$$\text{Scan Time} = \text{TR} \times \text{Number of Phase encoding} \times \text{NSA} \times \text{Number of Slices}$$

مثلا اگر ۱۰ برش بخواهیم زمان ۱۰ برابر می شود. اگر یک برش بخواهیم زمان در حد ۰/۵ ثانیه می شود. پس وقتی FID رخ می دهد، بردار مغناطش ما یواش یواش کوچک می شود و ما نمی توانیم سیگنال دریافت کنیم پس میاییم با اعمال گرادیان ها دوباره و بدون اعمال پالس ۱۸۰ درجه همفاز می کنیم. پالس RF ای که ما اعمال می کنیم آلفا درجه می باشد و ۹۰ یا ۱۸۰ درجه نیست. یک پالس RF می دهیم با

یک پالس RF بعدی و در وسط هم با اعمال گرادیان ها سیگنال را سریع می گیریم. به سیگنالی که از این طریق به دست می آید سیگنال با استفاده از پدیده *T2 یا T2 گرادیان اکو یا T2 مدیک می گویند یعنی T2 ای که از پالس ۹۰ و ۱۸۰ درجه استفاده نشده است. این سکانس ها خیلی سریع می باشند و یک خانواده بزرگ هستند. وقتی می گوییم RF ما آلفا درجه می باشد یعنی بین ۱۰ درجه تا کمتر از ۹۰ درجه. روتین آن ۲۰ تا ۲۵ درجه می باشد. در این حالت سیگنال ما ضعیف تر است اما برای ما مهم این است که در زمان کم تصویر تهیه کنیم.

یک بردار برآیند قبل از اعمال پالس RF داریم. بعد از آنکه پالس RF آلفا درجه اعمال شد قسمتی از بردار عرضی تشکیل می شود. دوباره به جای اینکه صبر کنیم تا بردار عرضی ریکاوری شود و به سمت بالا بیاید، سریعا پالس RF بعدی را پشت سر هم می دهیم. یعنی TR خیلی کوتاه است و اتفاقی که می افتد این است که یک بردار برآیندی در قسمت عرضی تشکیل می شود و می ماند. حالا یا می خواهیم این بردار عرضی بماند یا می خواهیم از بین برود. به همین علت گفتیم که گرادیان اکو دو گونه Coherent و Incoherent تقسیم می شود. اگر بردار عرضی بماند Coherent Gradient Echo(یا Truefisp) و اگر از بین برود Incoherent Gradient Echo(یا T1-FLASH) خواهد بود.

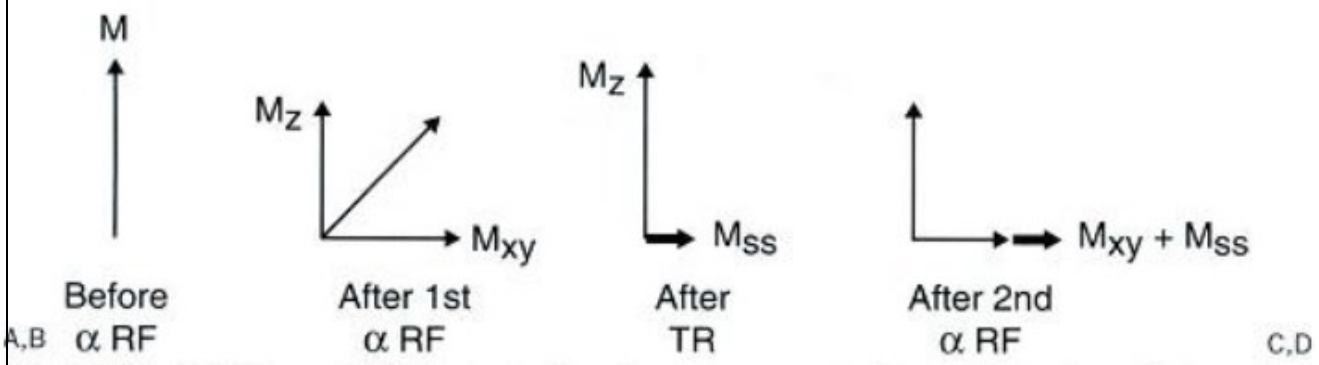


Figure 20-9. **A–D:** Because TR is short, a fraction of transverse magnetization remains at the end of the cycle, which eventually reaches a steady state, $\mathbf{M}_{ss}$. This steady-state component is affected by the next RF pulse.

این اتفاق می افتد: پالس RF داده شده با زاویه آلفای ۳۰ درجه بعد ریکاوری شده دوباره پالس آلفا و دوباره پالس آلفا و بعد از چند پالس آلفای پشت سر هم به یک حالتی می رسد که اندازه بردار مغناطش یکسان است. به این حالت Steady State می گویند یعنی در واقع به یک حالت تعادلی رسیده ایم.

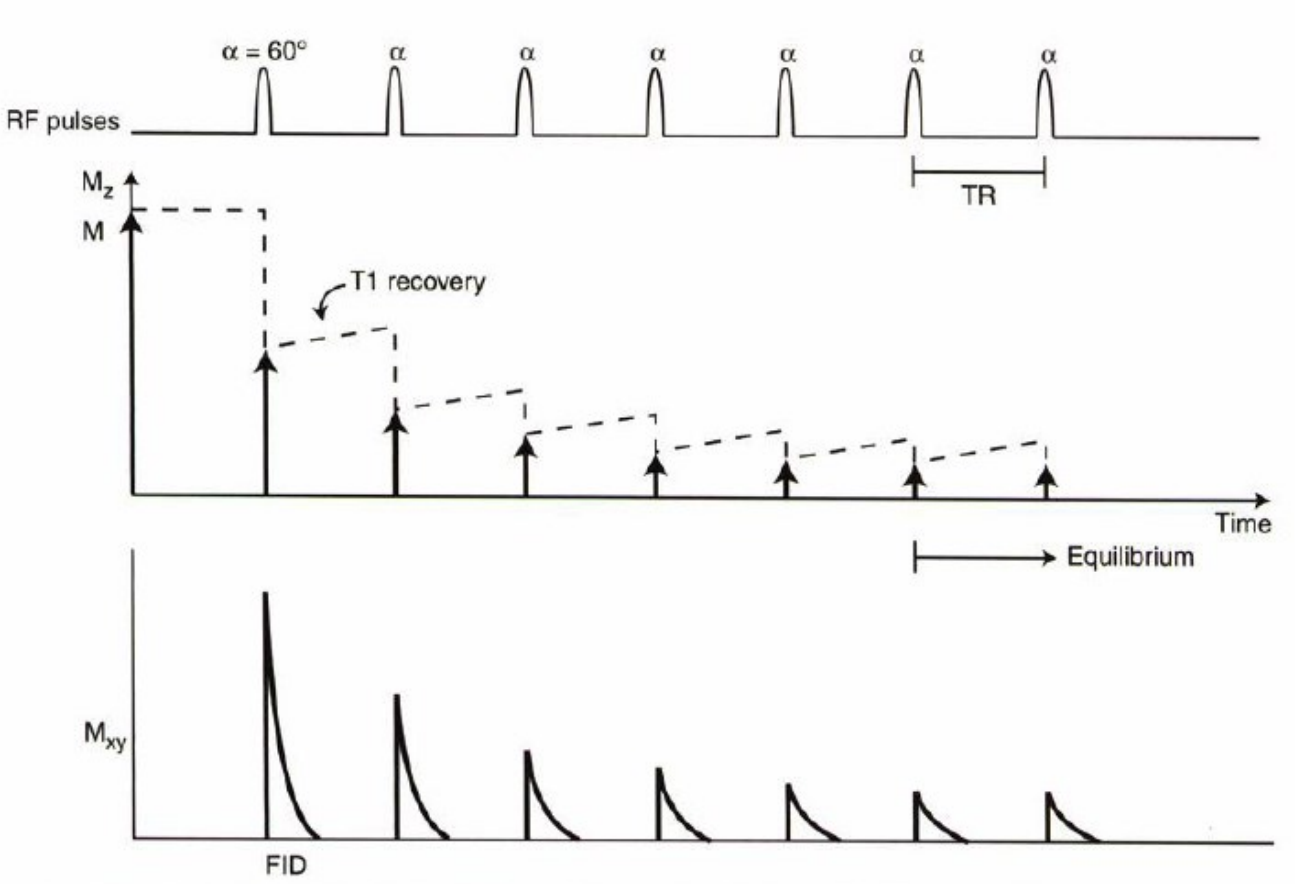


FIGURE 14-6. Longitudinal magnetization (M_z) and transverse magnetization (M_{xy}) after a series of RF pulses causing (a) 30° and (b) 60° flip angle.

اگر در تصویر مایعات low signal باشند T1 است و در عین حال چربی نداشته باشد FLASH-Fat Sat خواهد بود پس وزن تصویر T1 FLASH-Fat Sat می شود.

مکانیسم تصویربرداری گرادیان اکو: پالس RF آلفا درجه اعمال می شود، گرادیان Z یا همان گرادیان برش روشن و خاموش می شود، با گرادیان Y کدگذاری فاز انجام می شود و سپس گرادیان X روشن و خاموش می شود تا Echo را دریافت کنیم.

In phase و Out of Phase هم یکی از راه های حذف چربی می باشد:

اگر بخواهیم مقایسه ای بین زمان تصویربرداری سکانس های FSE و GE و SE داشته باشیم بدین صورت است که :

یک سکانس روتین FSE، ۳ دقیقه طول می کشد. یک سکانس معمولی GE بستگی به تعداد برش ما دارد و برای یک برش یک ثانیه زمان می برد یعنی خیلی سریع است و کاربرد آن در همه جاست ولی بیشتر در شکم، آنژیو، پرفیوژن، fMRI و چیزهایی که نیاز به تصویربردای سریع دارد می باشد.

در سکانس گرادیان اکو در ابتدا بردار چربی و بردار آب همفاز می باشند (Inphase) وقتی جلوتر می رویم چون مولکول های آب با مولکول های چربی اختلاف فرکانس دارند؛ آب آرام می چرخد و چربی سریع می چرخد و بعد از مدت زمانی (TE)، در جهت مخالف هم قرار می گیرند و Out of Phase می شوند و سیگنال یکدیگر را خنثی می کنند. در FLASH گفتیم پالس آلفا درجه می دهیم و قسمت عرضی را حذف می کنیم تا تصویر T1 بدست آید، حالا در تصویر FLASH چربی و آب یا همفازند یا Out of Phase اند. (تصویر و فرمول های این قسمت در پایین صفحه است)

فردی به نام دیکسون فرمول های اشاره شده را یکبار جمع و یکبار تفریق کرد و از مجموع دو فرمول دوتا آب و از تفریق آن ها دو تا چربی به دست می آید. یعنی بعد از به دست آمدن دو تصویر می توان به صورت مهندسی دو تصویر را جمع و تفریق کرد و بنابراین دیکسون آب، چربی ندارد و دیکسون چربی، آب ندارد. از این تصاویر در Breast و شکم استفاده می شود که به این روش دیکسون متد می گویند.

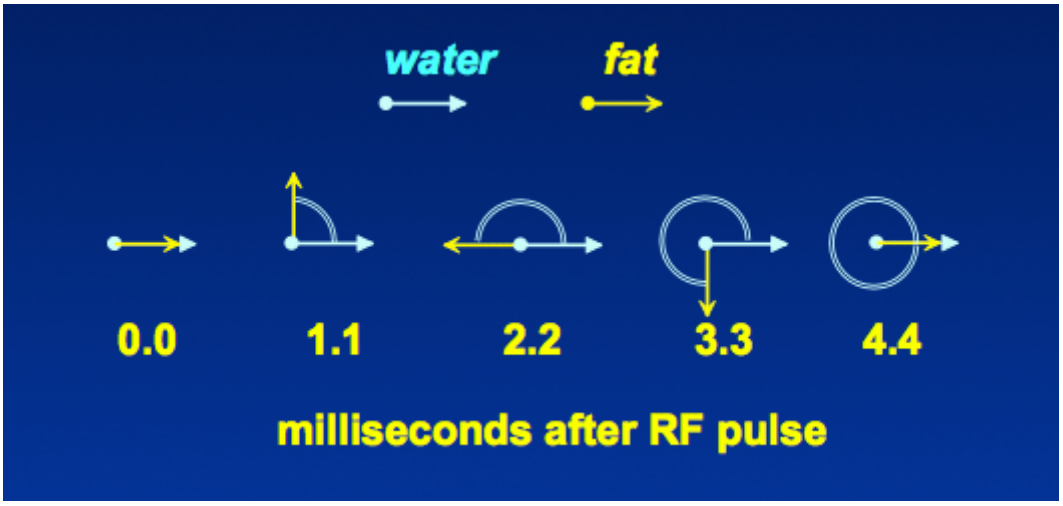
$$IP = W + F$$

$$OP = W - F$$

اگر یکبار آنها را جمع کنیم می شود دیکسون آب

اگر تفریق کنید می شود دیکسون چربی

در تصاویر out of phase سیگنال آب و چربی همدیگر را خنثی می کنند پس هر وقت دیدیم در تصویر عضوی داخل شکم یا گردن یا هرجا دور ارگان ها یک سرمه ای کشیده شده باشد مثل دور کبد یا کلیه به صورت پررنگ و سرمه مانند باشد؛ این علامت نشانه Out of Phase بودن تصویر است و در این تصویر چربی حذف شده است و مرز مشترک بین آب و چربی در حالت Out of Phase حذف می شود و قسمت های سیاه مرز مشترک بین چربی و آب است که حذف شده است که به آن علامت سرمه هندی می گویند. در تصاویر In phase خبری از سرمه نیست زیرا هر دو در یک امتداد می باشد. کاربرد کلینیکی آن جهت تشخیص آدنوکارسینوما غده آدرنال می باشد. اگر بیمار کبد چرب داشته باشد یکی از مهم ترین سکانس ها سکانس Out of Phase می باشد.

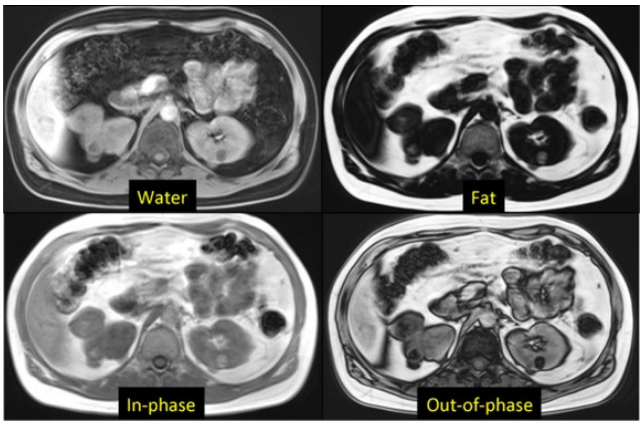


$$IP = W + F$$

$$OP = W - F$$

اگر یکبار آنها را جمع کنیم می شود دیکسون آب

اگر تفریق کنید می شود دیکسون چربی

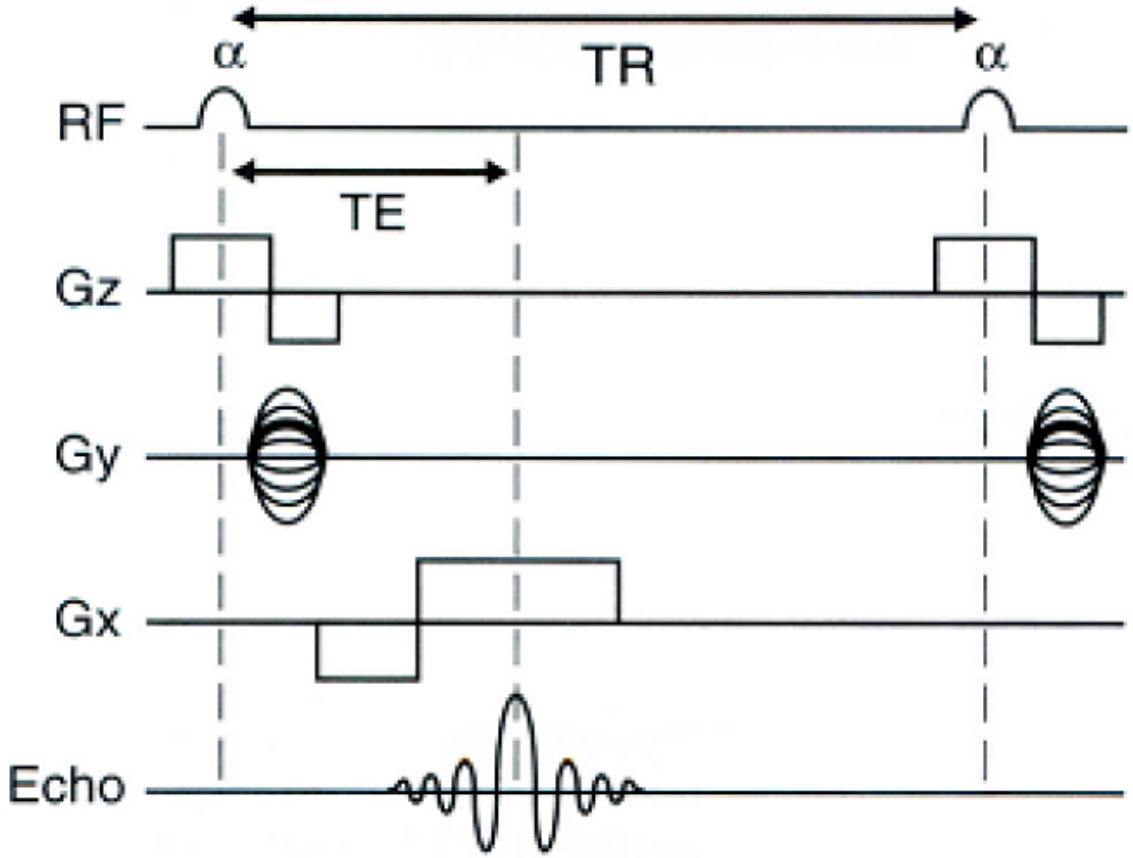


در Steady State , TR کوتاه است. پالس های RF را پشت سرهم می دهیم، کم کم قسمت عرضی به یک بردار ثابتی می رسد در واقع ما کاملاً اجازه نمی دهیم که بردار کامل recovery شود و به حالت اول خودش برگردد، قسمت های عرضی باقی می ماند و در اثر پالس های RF پست سرهم قسمت عرضی به حالت ثابت می رسد که همان حالت ثابت و همان حالت recovery اش به یک اندازه ثابتی می رسند که اگر TR را قطع کنیم و دیگر پالس RF نفرستیم، می خواهد که recover شود. اگر از قسمت عرضی استفاده کنیم Coherent GE می شود. اگر بخواهیم آن قسمت را حذف کنیم Flash می شود. در Coherent GE کنتراست تصویرمان T1 بر روی T*2 است. که یک کنتراستی است که هم آب و چربی و خون دیده می شود و هر دو را هایپر سیگنال نشان می دهد.

ولی در T1 Flash وزن تصویر T1 است که آن هم بستگی به TE دارد (یعنی T1 بستگی به Time echo دارد) اگر in phase , TE باشد، T1 flash in phase می شود. اگر در حالتی باشد که out of phase , باشد ،آن هم T1 flash out of phase می شود. یعنی T1 که داریم یا in phase است و یا out of phase است.

گرادیان اکو

همان طور که در شکل می بینید یک پالس RF , α درجه داده شده است و GS (گرادیان اسلایس) روشن و خاموش شده است. GP (Gradient phase) هم روشن و خاموش می شود.



GR (Gradient readout) یا گرادیانت خوانش: گرادیانی که می خواهد سیگنال ها را دریافت کند. یک گرادیان در جهت معکوس اعمال می شود. اول هم فاز هستند در اثر اختلاف فرکانس ، out of phase می شوند و یک اکو می توانیم بگیریم و دوباره هم فاز می شوند و دوباره یک اکو دیگر می گیریم. گرادیان هایی که اعمال می شوند، هدفشان حذف قسمت عرضی بردار است. باتوجه به شکل اسلاید ما به جای اینکه یک اکو دریافت کنیم، دو تا اکو دریافت می کنیم بعد دوباره یک گرادیان خلاف جهت آن اعمال می شود تا آن را حذف کنیم و دوباره سیکل از اول. به این خاطر این ها را spoil می کند یعنی تخریب می کند.

در in phase , out of phase دو تا گرادیان اعمال شده است یکی با TE اول و یکی با TE دوم . (دوتا TE دارد)

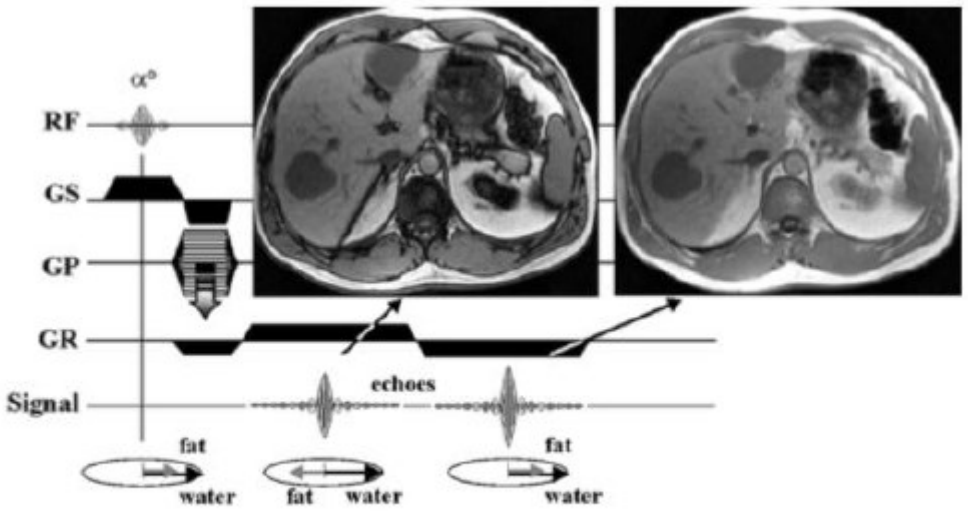
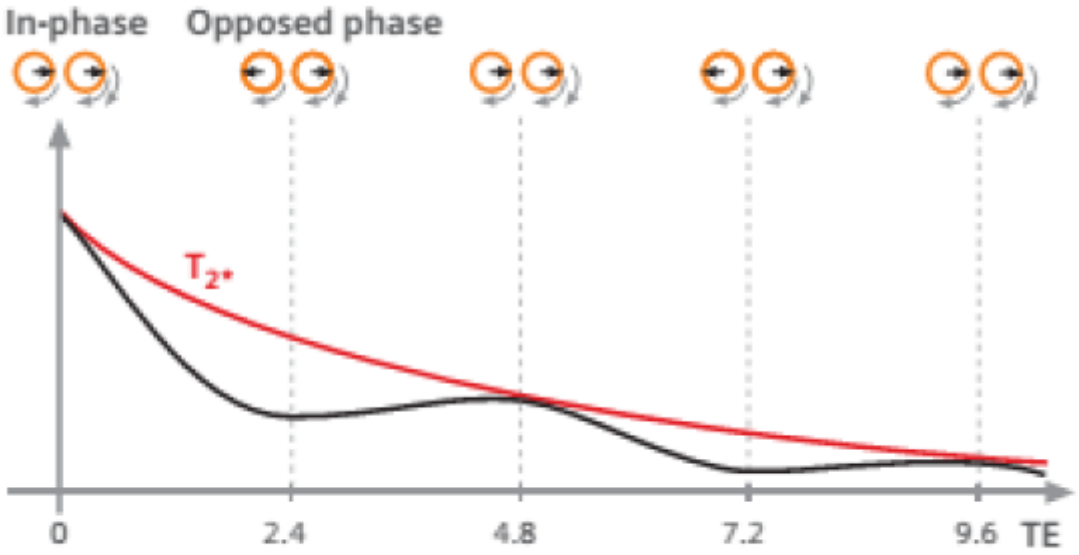


Fig. 49.1 Opposed- and in-phase imaging, pulse diagram and corresponding scans.



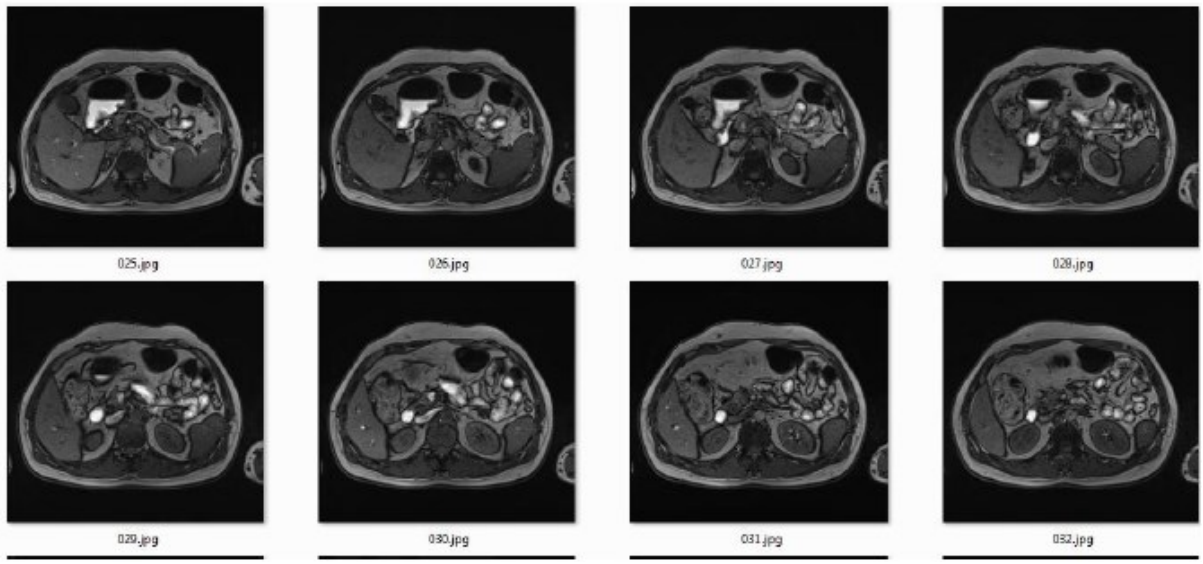
GR, GP, GS سه تا گرادیان تخریب کننده قسمت های عریضی اعمال می شوند که دوباره همه شان به سمت بالا بیایند. (قسمت عرضی را تخریب میکند و نمی خواهد قسمت عرضی در سیگنال گیری شرکت کند): به این Flash می گویند (در زیمنس)، ممکن است در دستگاه ها اسامی مختلف داشته باشد مثل SPGR یا در دستگاهی T1 FFE باشد یا در دستگاهی Field Echo باشد.

پس در Flash: پالس α درجه است. Fast Low است. زاویه اش کم است. در سه جهت گرادیان اعمال می شود و قسمت عرضی را تخریب می کند تا بالا بیایند. به خاطر گرادیان های Z,Y,x در سه جهت اعمال می شود.

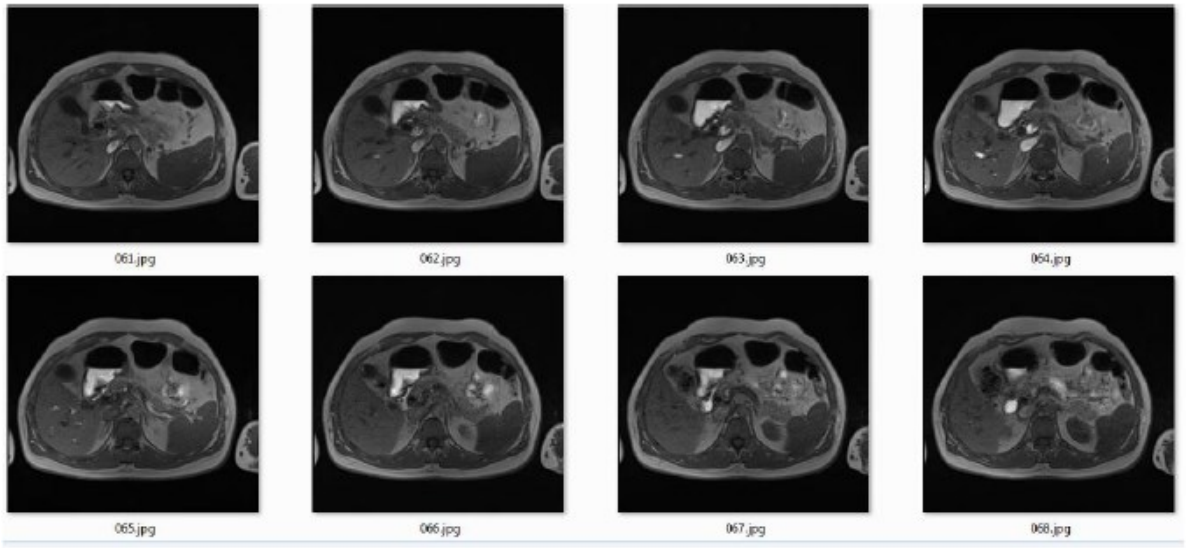
در T1-Flash هم مایعات low signal هستند. αهایی که اعمال می کردیم همه شان هم اندازه بودند.

اکثر سکانس هایی که در T1-Flash می گیریم از نوع In phase هستند که بستگی به TE های تنظیمی ما دارد.

در مطالب قبل گفته شد که Dixon آب و Dixon چربی داریم.

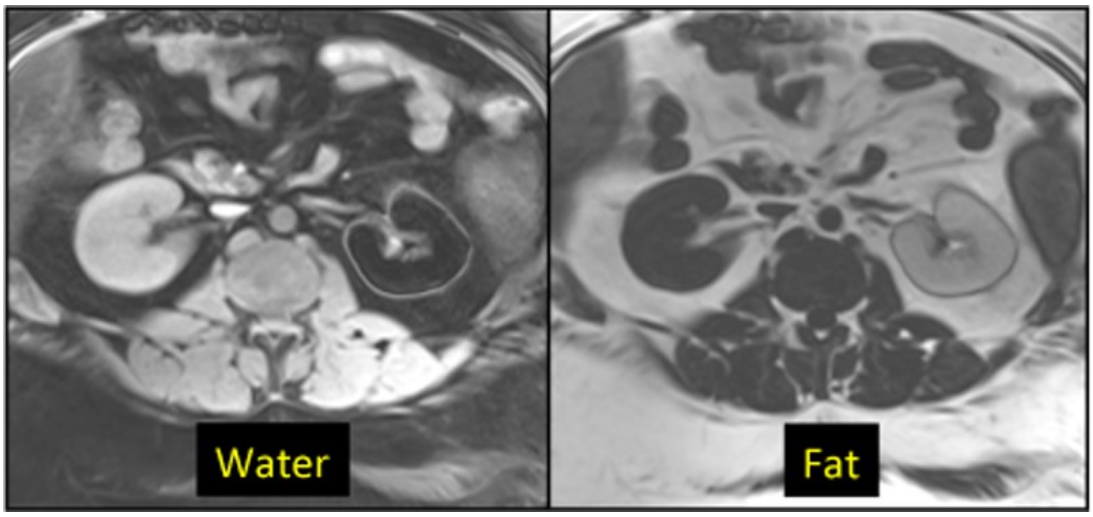


وزن تصاویر فوق T1-flash out of phase است.



تصاویر in-phase

وقتی از تکنیک Dixon استفاده می کنیم یک in phase تشکیل می شود و یک out of phase و یک Dixon آب و Dixon چربی تشکیل می شود.



در Dixon آب چربی حذف شده و در Dixon چربی، چربی هایپر است.

یکی از کنتراست های خیلی کاربردی در MRI , MRA می باشد . MTC (Magnetic Transfer Contrast)

در مقایسه دوتا تصویر در اسلاید تصویر سمت راست که MTC است بهتر است چنان بافت زمینه در آن بهتر ساپرس شده ، (تزریق ماده کنتراست دارد و توده enhance شده است)

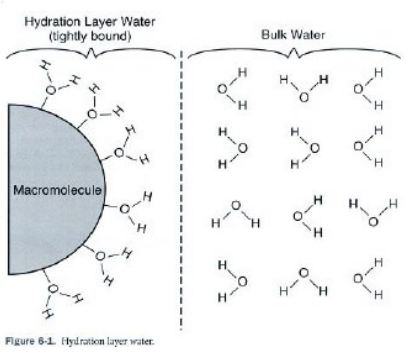
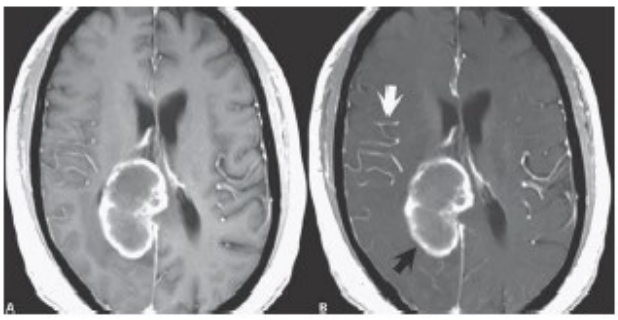


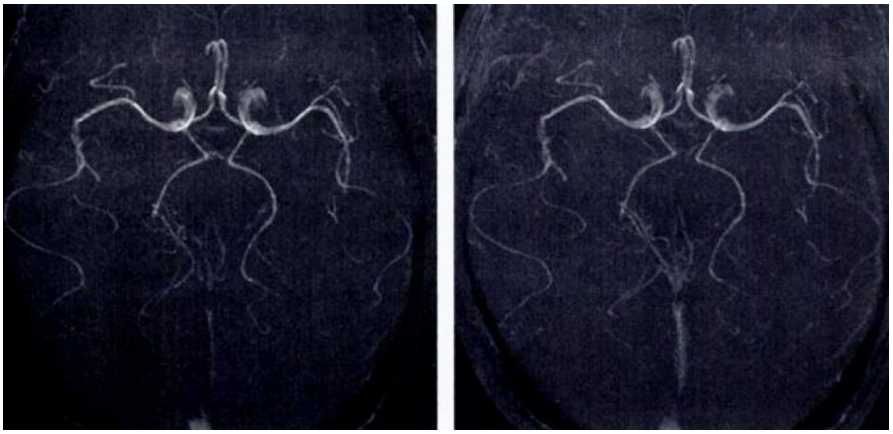
Figure 6-1. Hydration layer water.



در تکنیک MTC : یک پالس RF ارسال می شود که می آید آب متصل به ماکرو مولکول ها (مثلا پروتئین ها) را سیگنالشان را حذف می کند (با آب آزاد کاری ندارد) یعنی یک فرکانسی ارسال می کند که آب های متصل به ماکرو مولکول ها نتوانند در تصویرگیری شرکت کنند در نتیجه آب هایی که می خواستند مثلاً سیگنالشان را در T1 شرکت دهند، حذف می شوند. (آب متصل به ماکرومولکول ها ساپرس می شود)

کاربردش در T1 و MRA است. در جاهای دیگر به ندرت استفاده می شود. چرا در تمام MRA ها و یا در تمام T1 ها (باتوجه به این که تصویر با کیفیتی خواهد داشت، استفاده نمی شود؟ چون زمان بر است و به این خاطر کمتر استفاده می شود. به عنوان مثال سکانسی که ۴ دقیقه باشد را به ۶-۸ دقیقه زمانش افزایش می یابد.

در آنژگویرافی اگر از mtc استفاده شود، کنتراست خیلی خوبی هم می دهد. (۴ دقیقه زمان تصویربرداری، ۸ دقیقه یا ۷ دقیقه می شود) این جا تزریق ماده کنتراست انجام دادیم، زمان آسایش T1 را پایین تر می‌آورد، MTC را فعال می کنیم که بهتر دیده شود.



سکانس EPI: Echo planer imaging

یک پالس RF ، ۹۰ درجه و یک پالس RF ، ۱۸۰ درجه ارسال می شود.

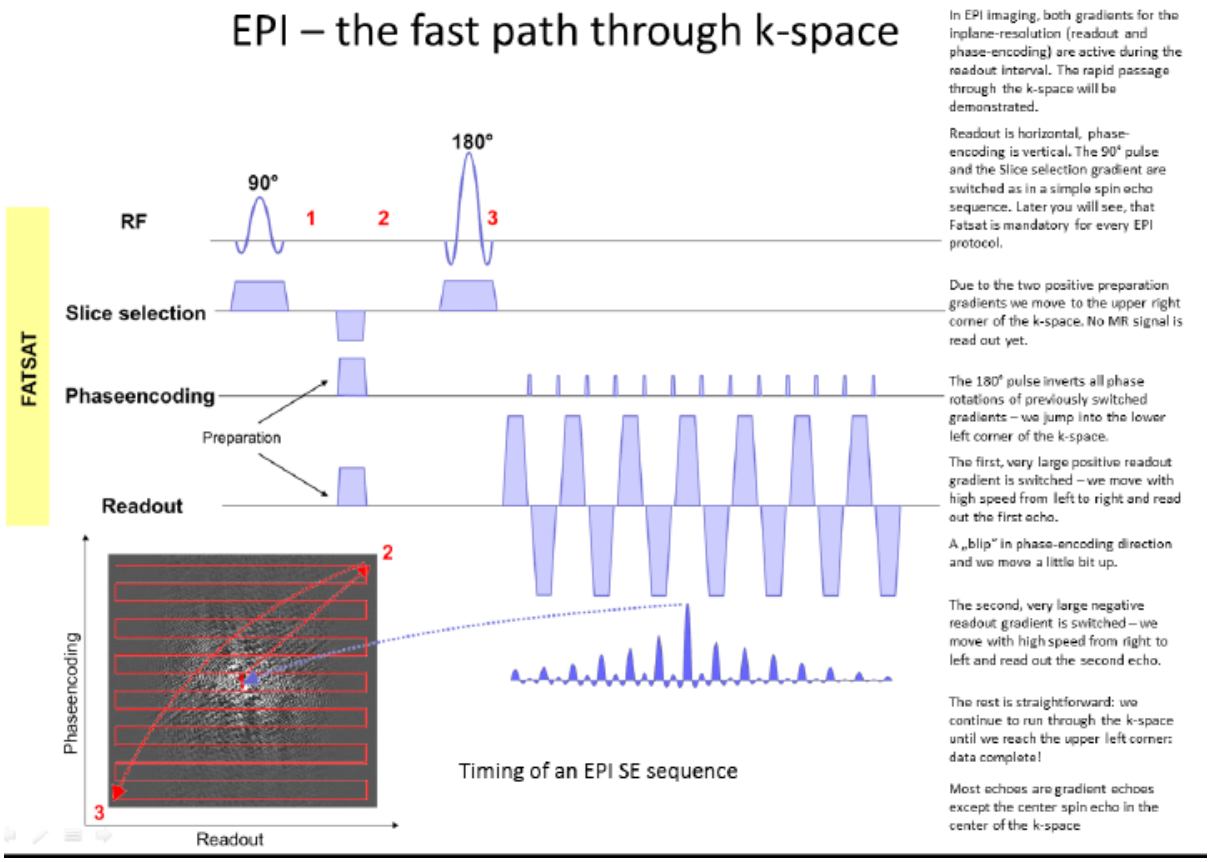
بعدش سیگنال ها می خواهند بروند و یک تصویر تشکیل دهند. در واقع اگر می خواهد برود و تصویر تشکیل دهد که نیاز به کدگذاری فاز و کدگذاری فرکانس دارد. اگر وکسل و پیکسل را در نظر بگیریم باید بداند که آن سیگنال از کجا آمده است. که این ها در MRI با استفاده از کدگذاری فاز و فرکانس انجام می شود. گرادیان های کدگذاری فاز وقتی روشن می شود گرادیان کد گذاری فرکانس خاموش می شود و بالعکس.

در EPI به جای اینکه GP داشته باشیم و یا GR داشته باشیم که این ها فضای k را پر کنند، این ها سریعاً قطع و وصل می شوند و کل فضای k پر می شود. یک پالس RF ارسال می شود.

یعنی RF به کجا ارسال شود. یک بعد فضای k در جهت کدگذاری فاز است و یک بعدش جهت کدگذاری فرکانس یا readout عمق فضای k مربوط به ضخامت برش است.

کد گذاری فاز و کدگذاری فرکانس انجام شد یعنی وقتی سیگنال ارسال شد و گرادیان ها روشن شدند سیگنالی که می خواست مرکز فضای K را پر کند به خاطر اعمال گرادیان ها، سیگنال به آن نقطه ای که تعیین کردند می رود. (در واقع آدرس دهی می کنند) بعد پالس ۱۸۰ درجه دوباره در جهت readout داریم یعنی فرکانس دریافت شود: وقتی فرکانس دریافت شد یک خط از فضای k را پر می کند بعد خاموش

می شود. کد گذاری فاز روشن می شود و بالا می آید و تغییر موقعیت می دهد دوباره یک اکو دریافت می شود و یک خط را پر می کند و پشت سر هم کل فضای k پر می شود. به این نوع روش تصویر برداری که با یک پالس RF کل فضای k پر می شود، EPI می گویند.



کنتراستی که برای مان تشکیل می دهد به TE بستگی دارد. پیک آن قسمتی که از همه بیشتر است تعیین کنده TE ما می باشد که آن می رود مرکز فضای k را تشکیل می کند. اطراف هم جزئیات را تشکیل می دهند.

پس یعنی وقتی یک پالس RF ارسال می کنیم تصویر ما سریعاً در عرض ۱ ثانیه آماده است. در تصویربرداری هایی که ما نیاز به کیفیت بهتر تصاویر نداریم از این سکانس استفاده می کنیم. مثلاً دنبال ماده کنتراست هستیم مثل perfusion weighted یا دنبال این هستیم که ببینیم بیمار سکته کرده یا نه.

در تصویربرداری Diffusion پس کیفیت برایمان مهم نیست.

کاربرد EPI : perfusion , DWI

در fMRI هم کاربرد دارد ولی این دوتا اولویت دارند.

سه تا تصویر در اسلاید که وزن تصویرشان Diffusion و نوع سکانسشان EPI spin echo است. یعنی کدگذاری فاز و فرکانس که انجام می شود خیلی سریع انجام می شود. آیا این تصاویر کیفیت خوبی دارند؟ نه ، فقط دنبال یک سری چیزها هستند مثل سکته ، نحوه سیگنال گیری آن به صورت EPI است. یعنی یک پالس RF که داده شد گرادیان ها روشن خاموش می شوند که خیلی سریع تصویر برداری می کند.

GD (گرادیان Diffusion) نیز این جا اعمال می شود.

به حرکت راندوم و تصادفی مولکول های آب (یا حرکت ترکه ای) Diffusion می گویند. (مثل رنگ چای که از قسمت غلیظ به قسمت رقیق می رود)

۲ نوع Diffusion می توانیم داشته باشیم : اگر به صورت یکنواحت از هر طرف پخش شود به آن Iso Tropic-Diff می گویند. یعنی یک کانون داریم و مولکول ها از آن جا به صورت یکنواخت پخش می شوند.

زمانی هم است که پخش شدن در یک مسیر مشخص می باشد (مثلاً جوی آب) به آن هم Aniso Tropic-Diff می گویند : حرکت مولکول ها در یک سمت بیشتر باشد.

در حالت طبیعی مولکول های آب داخل مغز ما، آزادانه حرکت می کنند ولی زمانی که یک سکته اتفاق بیفتد یا لخته ای در مسیر خون رسانی به سلول های مغز اتفاق افتد، سریعاً سلول های مغزی خبردار می شوند که خون رسانی قطع شده است، آب خارج سلولی را جمع می کنند و سپس متورم می شوند در نتیجه آبی که بین سلول ها به راحتی حرکت می کرد دیگر نمی تواند حرکت کند. سلول های آن ناحیه کاملاً متورم می شوند. اگر این وضعیت تا ۶ ساعت اتفاق بیفتد، سلول های ماکروفاژ می آیند و شروع به از بین

بردن آن سلول ها می کنند. در آن صورت ممکن است مثلا قسمتی از بدن مریض مثلا دستش لمس می شود ولی اگر در کمتر از ۶ ساعت تشخیص داده شد که در این بیمار لخته ای وجود داشته که سلول های آن ناحیه در مغزش متورم شده و به عبارتی Diffusion اش مختل شده است یا restrict شده است. حرکت راندوم مولکول های آب بین سلول ها restrict شده است و خون رسانی قطع شده است. وقتی Diffusion , restrict شد ، در سکانس DWI خودش را نشان می دهد.

پس در تصویربرداری DWI تصویری که وزنش Diffusion است انتظار داریم همه جا سیاه دیده شود، اگر جایی سفید دیدیم یعنی Diffusion , restrict شده است.

اگر در ۶ ساعت اول بتوانند آن لخته را حل کنند و خون رسانی داخل سلول های مغز بیاید، دریچه ها باز می شوند و آب داخل سلول ها می رود و Diffusion که مختل شده بود، درست می شود. این مکانیسم ایجاد سکته ایسکمیک بود.

۲ نوع سکته داریم : هموراژیک – ایسکمیک

وقتی می گوییم TE , TR بالا باشد سیگنال آب هایپر سیگنال است، چطور تصویربرداری شده که آن تصاویر بدست آمده است؟ یک گرادیان Diffusion اعمال می شود و سلول هایی که بالا هستند پایین می آیند. دوباره در خلاف جهت آن گرادیان، یک گرادیان دیگر اعمال می شود و سلول هایی که بالا هستند پایین می آیند.

آن هایی که بافت ساکن هستند، گرادیان Diffusion یک بلایی سر آن ها آورد و دوباره آن ها را سرجای اولشان برگرداند. بافت های ساکن که هیچ حرکتی نداشتند سیگنال Diffusion را در جهت مثبت و منفی دریافت می کنند در نتیجه اتفاق خاصی نمی افتد. ولی بافت هایی که در آن restrict Diffiusion اتفاق افتاده وقتی Diffusion اعمال می شود بافت ساکن نیست و متحرک باشد، در اثر گذشت زمان (یعنی ۹۰ درجه داده شد و گرادیان Diffusion اعمال شد و ۱۸۰ درجه نیز اعمال شد و دوباره گرادیان Diffusion اعمال می شود) ، آن بافت هایی که ساکن هستند هیچ تاثیری در اثر گرادیان Diffusion نخواهند داشت

ولی بافت هایی که متحرک هستند مثل همان ناحیه که حاوی آب است آن ها برایمان کنتراست ایجاد خواهند کرد.

هیچ گونه گرادیان اعمال نشود : $b - value = 0$

وقتی سکانس Diffusion باشد و می گوییم $b - value = 0$ یعنی این.

یعنی یک گرادیان با شدن 1000 s/m2 به آن تصویر اعمال شده است. $b - Value = 100$

ممکن است $b - value$ ، ۴۰۰ و یا ۵۰۰ یا ۸۰۰ نیز داشته باشیم یعنی ۳ تا $b - value$ داشته باشیم.

بیانگر سرعت Diffusion مولکول های آب است . Diffusion Coefficient (DC)

تک تک مولکول های آب حرکت می کنند ولی ما برآیند را در نظر می گیریم.

ADC: Apparent diffusion coefficient

ضریب Diffusion ظاهری بیانگر مقدار سرعت Diffiusion مولکول های آب است. تصویرش را با استفاده از فرمول های ریاضی بدست می آورند.

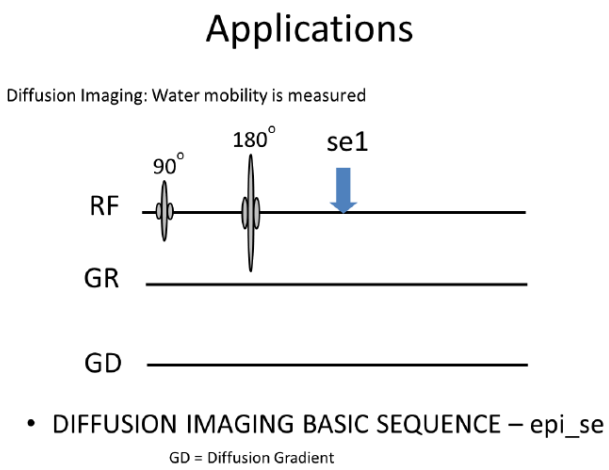
ترکیبی از تصویر با $b - value = 0$ به اضافه $b - value = 1000$ برای ما طبق فرمول ریاضی و پردازش های imaging که انجام می شود، یک تصویر به ما می دهد به نام ADC .

یعنی در این تصویر گرفتن سیگنال نداریم . در آن یکی تصاویر سیگنال می دهیم و دریافت می کنیم . آن تصویر حاصل دو تا تصویر است که به آن ADC-map می گویند .

کاربردش : در مغز ، شکم ، کبد ، استخوان

در تصاویر اسلاید مربوط به DWI ، یک سری از تصاویر T2 هستند ، تعدادی Diffusion با b-value = 1000 می باشد و تصاویر ADC-map آن ها در آن وجود دارد .

اگر یک توده در تصویر T2 دیدیم ، اگر Diffusion هم هایپر سیگنال بود (مثل تصویر اسلاید) و در T2 نیز هایپر سیگنال باشد برای اینکه بدانند بیمار سکته کرده یا نه ، باید ADC را هم نگاه کنند . اگر ADC ، Low signal بود سکته کرده است . اگر در ۶ ساعت اول اتفاق افتاده باشد می توانند درمان کنند ولی اگر هر سه تا هایپر باشد می گویند کیست است.



در Diffusion به خاطر اعمال گرایان Diffiusion آب Low signal است .

اگر تکنیک تصویربرداری MRI را تقسیم بندی کنیم یک سری مطالب مربوط به فیزیک می‌باشد مطالبی که تا الان مرور کردیم.

نکات مهم

اصولا وقتی بیمار به بخش MRI مراجعه می کند برایش وقت قبلی تعیین می کنند که کی برای انجام MRI مراجعه نماید چراکه هر بیمار حداقل حدود ۲۰ الی ۳۰ دقیقه طول می کشد تا تصویر برداری شود مگر در موارد اورژانسی که با کاهش زمان انجام سکانس ها و انجام پروتوکل های اورژانسی این زمان به حداقل ۵-۱۰ تقلیل

می‌یابد. موقع پذیرش بیمار برایش فرم ها و یا پرسشنامه هایی می دهند که بایستی به دقت مطالعه نموده و تکمیل نماید.

حتما به بیمار تاکید کنید که کلیه مدارک پزشکی را موقع مراجعه به همراه داشته باشد و ما نیز آنها را قبل از انجام تصویربرداری باید بررسی نموده و مدارک لازم را برداریم تا رادیولوژیست آنها را مطالعه نماید .نکته مهم دیگر اینکه بیمار بایستی پرسشنامه را پر کند و به سئوالات موجود به دقت پاسخ دهد علاوه براین ما نیز شرح حال کامل و هدفمند از بیمار بپرسیم چون بهتر می توانیم بدانیم که بیمار به چه علت برای تصویر برداری مراجعه نموده است و با توجه به شرح حال بیمار عکسبرداری را انجام می دهیم .

نکته مهم دیگر اینست که برگ درخواست بیمار را به دقت ملاحظه نماییم تا اشتباهی در انجام MRI مرتکب نشویم.

نمونه برگ شرح حال:

نام ونام خانوادگی بیمار: سن: وزن: تلفن تماس:

۱- لطفا شرح حال مختصری از بیماری کنونی و علت مراجعه به پزشک معالج را توضیح دهید:
۲- آیا سابقه ضربه دارید؟ در صورت مثبت بودن تاریخ ضربه و محل آنرا توضیح دهید.
۳- آیا سابقه عمل جراحی دارید؟ در صورت مثبت بودن لطفا زمان و نوع جراحی را بنویسید
۴- آیا سابقه رادیوتراپی و شیمی درمانی داشته اید؟
۵- آیا سابقه تشنج و مصرف داروهای ضد تشنج داشته اید ؟

لطفا به سئوالات زیر به دقت پاسخ دهید

- آیا باتری قلبی Pacemaker دارید؟
- آیا کلیپس آنوریسم مغز دارید ؟

- آیا دریچه مصنوعی فلزی دارید ؟
- پروتز مصنوعی نظیر پروتز گوش ، مفاصل و ... دارید؟
- سابقه ترکش گلوله و جسم خارجی در بدن دارید ؟

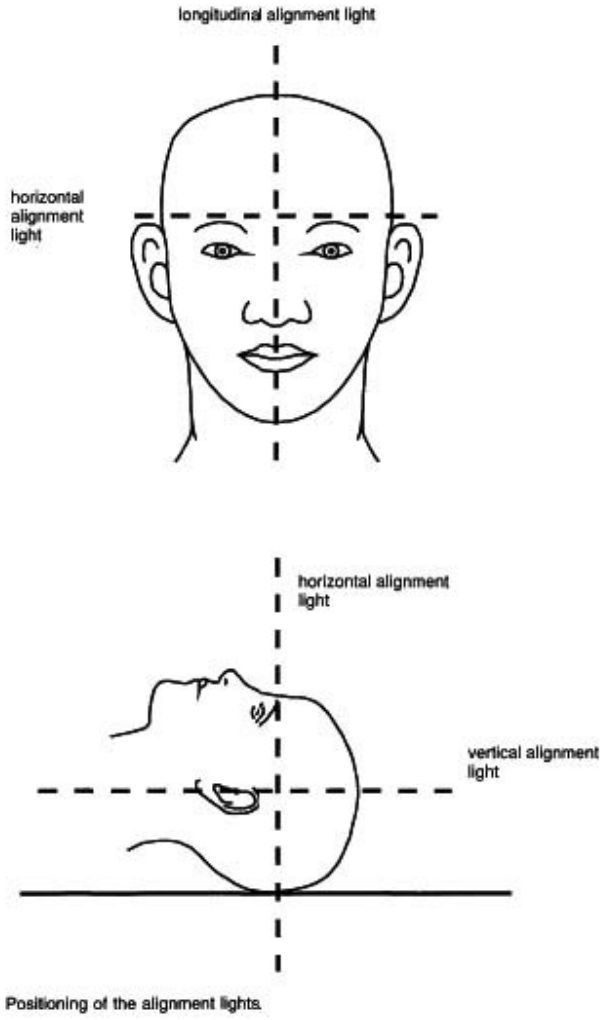
لطفا به نکات زیر دقت فرمایید

- ✓ موقع تصویر برداری صداهایی از دستگاه می شنوید که مربوط به عکسبرداری می باشد و لازم است که کاملا ثابت و بی حرکت بمانید. حرکت شما منجر به افت کیفیت تصاویر خواهد شد
- ✓ موقع مراجعه مدارک قبلی را به همراه داشته باشید
- ✓ خانم های گرامی موقع مراجعه مواد آرایشی خود را پاک فرمایند (به علت خاصیت مغناطیسی دستگاه کیفیت تصاویر افت می کند)
- ✓ نیم ساعت قبل از وقت داده شده در بخش حضورداشته باشید
- ✓ درصورتیکه سابقه حساسیت به مواد کنتراست داشته باشید حتما اطلاع دهید

بطور کلی در تصویر برداری MRI استفاده صحیح و مناسب از مقاطع آناتومی می باشد به عنوان مثال برای تصویر برداری مقطع آگزیال ما نیاز به تصاویر ساژیتال و کرونال داریم منتهی بایستی مد نظر داشته باشیم که منظور از تصاویر کرونال ، تصاویری است که کاملا از مقطع کرونال ناحیه آناتومیک تهیه شده باشد و برای تهیه تصویر کرونال واقعی بایستی نسبت به ناحیه تصویر برداری یک تصویر آگزیال داشته باشیم و از روی آن تصویر، برش های کرونال را تنظیم و تهیه کنیم .

بطورکلی اگر تصـــــــــاویر اولیـــــــه (اسکنوگرام) ما بطور صحیح تهیه شود تصاویر بدست آمده از آنها از نظر آناتومیکی در مقاطع درست تهیه خواهند شد ؛ حتی شاید لازم باشد که برای تهیه تصاویر کرونال و یا ساژیتال واقعی به غیر از تصاویر اسکنوگرام اولیه که خود دستگاه بصورت میدساژیتال و مید کرونال و مید آگزیال از روی پوزیشن بیمار برای ما تهیه می کند چند بار تصاویر اسکنوگرام را تکرار بکنیم و یا اینکه موقع تنظیم وضعیت بیمار در زیر گانتری دقت لازم را بکار ببریم تا بیمار در وضعیت مناسب وضعیت دهی شود برای این

منظور بعنوان مثال برای تنظیم سر بیمار در MRI مغز؛ بیمار را طوری بخوابانید که خط مید ساژیتال بدن



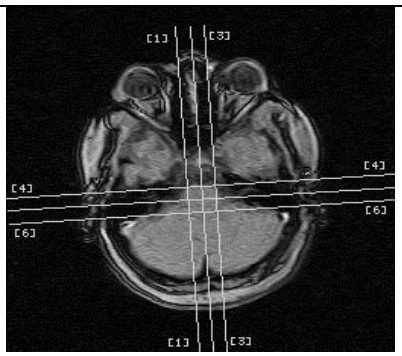
Positioning of the alignment lights.

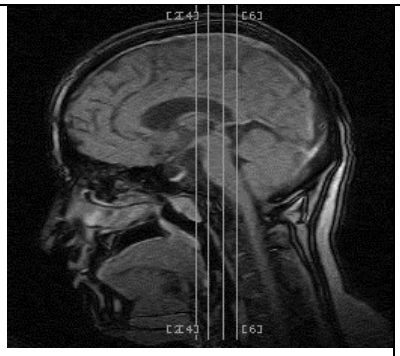
منطبق بر خط لیزری دستگاه باشد

بالفرض مثال اگر بیمار سرش را بصورت مایل نگه داشته باشد تصاویر تهیه شده (کرونال و ساژیتال) نیز درست نخواهد بود به شکل زیر رجوع کنید

در این شکل ملاحظه می کنید که بیمار سرش را به طرف راست چرخانده است حال لازم است که برای تهیه تصاویر ساژیتال و کرونال از روی این تصویر تنظیم شود.

طبق شکل زیر





در این تصاویر ملاحظه می کنید که برای تهیه تصاویر اسکنوگرام در مقاطع ساژیتال و کرونال (هر کدام سه برش) از روی تصویر آگزیال و ساژیتال تنظیم شده است . حال تصاویر بدست آمده از این برش ها در مقاطع استاندارد خواهند بود.

این نکات برای تمامی نواحی بدن صدق می کند .

نکات کلی :

اگر بیمار ضایعه ای در قسمت قدامی عضو داشته باشد مقاطع ساژیتال و آگزیال کمک کننده خواهد بود

و اگر ضایعه ای در قسمت جانبی عضو داشته باشد مقاطع کرونال و آگزیال کمک کننده خواهد بود

و اگر ضایعه ای در قسمت مرکزی عضو وجود داشته باشد مقاطع آگزیال کمک کننده خواهد بود وتصاویر کرونال و ساژیتال نسبت به محل مورد نظر تصمیم‌گیری می شود.

نکته

موارد ایمنی را در MRI همیشه جدی بگیریم.

منابع:

کیانی نظرلو، علی، تکنیک های MRI به همراه تصاویر آناتومی، نشر نوردانش، سال ۱۳۹۲، تهران

کیانی نظرلو، علی، پارامترها و وضعیت دهی در MRI، نشر اطمینان، سال ۱۳۹۶، تهران

Haacke EM, Lin W. Current protocols in magnetic resonance imaging. John Wiley and Sons; 2001.