

## ایمنی در MRI

تا کنون هیچ آثار زیان بار بیولوژیکی دراز مدتی در اثر قرارگرفتن در معرض MRI گزارش نشده است اگر چه در بررسی جداگانه اجزاء روند تصویربرداری تشدید مغناطیسی چندین اثر کم اهمیت و برگشت پذیر از میدان های مغناطیسی ، گرادیان و فرکانس رادیویی مشاهده شده است . اغلب تحقیقات در مورد ایمنی MR در آمریکا انجام شده و اکثر مقالات درباره ایمنی MR در آمریکا منتشر شده است .

در فوریه 1982 اداره غذا و دارو ( FDA ) دستورالعملی را به هیاتهای بررسی بیمارستانها تحت عنوان « مقررات ارزیابی ریسک های تابش های الکترومغناطیسی برای روشهای NMR کلینیکی » ابلاغ نمود . برای بررسی اثر بیولوژیکی درازمدت MRI تمام اجزاء روند تصویربرداری باید در نظر گرفته شود . این اجزاء شامل:

- 1- میدان مغناطیسی اصلی ( که تحت عنوان میدان مغناطیسی ایستا هم شناخته می شود )
- 2- میدان های مغناطیسی متغیر با زمان ( میدان مغناطیسی گرادیان ها و میدانهای RF )

## اثرات بیولوژیکی میدان مغناطیسی ایستا

توجه اولیه در میدان مغناطیسی ایستا معطوف به امکان اثرات بیولوژیکی بالقوه می باشد . در طبیعت میدان مغناطیسی کره زمین اثر قابل ملاحظه ای بر اشکال ابتدایی حالت وارد جهت گیری باکتری های مغناطیسی ایستا و الگوی مهاجرت پرندگان تحت تاثیر میدان مغناطیسی به شدت G6/0 که کره زمین را احاطه نموده است می باشد . در MR پتانسیل های الکتریکی ضعیفی در عروق خونی بزرگ که خون در آنها در جهت عمود بر میدان مغناطیسی ایستا جریان دارد مشاهده شده است . اگر چه در شدت 10 تسلا هیچ آثار زیانباری در میمونها مشاهده نشده است . اغلب بررسی ها هیچ اثری در رشد و شکل سلولی در میدانهای مغناطیسی با شدت کمتر از 2 تسلا نشان نداده اند . اطلاعات جمع آوری شده توسط انستیتوی ملی حفاظت شغلی و سازمان بهداشت جهانی هیچ شواهدی از لوکمی یا سایر موارد سرطان زایی نشان نمی دهد

گزارشهای اندکی حاکی از سرطان زایی بالقوه میدانهای مغناطیسی ایستا بود که به علت این که روشهای بررسی در آنها مورد انتقاد بود ، رد شده اند

## میدان های حاشیه ای

مطلب مورد توجه بعدی در اثرات میدان مغناطیسی اصلی ، خطرات مربوط به محل نصب سیستم های MR می باشد . میدان مغناطیسی ایستا توسط دیوارها ، کف ها یا سقف های معمولی محدود نمی شوند. میدان مغناطیسی پراکنده در خارج از مرکز آهن ربا تحت عنوان میدان حاشیه ای شناخته می شود.

اغلب دستگاه های تشدید مغناطیسی برای محدود نمودن میدان حاشیه ای نفاصله قابل قبولی حفاظت

نشده اند چه در اتاق اسکن یا در داخل کامیون ها ( در مورد سیستم های MR سیار ) میدان حاشیه ای باید همیشه در هنگام نصب سیستم های جدید در نظر گرفته شود . در هنگام نصب ، شدت میدان در بالا و پائین دستگاه نیز باید در نظر گرفته شود.

### **میدان های ایستای کمتر از 2 تسلا**

اگر چه هیچ آثار بیولوژیکی در انسان در قدرت های میدان زیر 2 تسلا مشاهده نشده ، آبنورمالی های برگشت پذیر در ECG در چنین قدرت های میدانی مشاهده شده است . یک افزایش در دامنه موج T را می توان در یک ECG مشاهده نمود که مربوط به اثر مغناطیسی بردینامیک مایعات است.

این اثر هنگامی ایجاد می شود که یک مایع هادی مثل خون ، از یک میدان مغناطیسی عبور نماید . این اثر متناسب با قدرت میدان مغناطیسی می باشد و بنابراین باعث ایجاد مشکلاتی در Gating قلبی در سیستم های با میدان قوی می گردد . این حالت منتج به trigger سیستم در موج T به جای R گردیده و بنابراین کیفیت تصویر به علت gating ناکافی قلب کاهش می یابد . اگر چه با وجود این اثر ، هیچ اثر قلبی \_ عروقی جدی در بیمارانی که تحت بررسی MR قرار گرفته اند مشاهده نشده است.

مطلب دیگر گرم شدن بیمارانی است که در معرض میدان های ایستا قرار می گیرند. در دو بررسی جداگانه بیمارانی در معرض قدرتهای میدان 1/5 تسلا برای 60 و 20 دقیقه قرار گرفتند . این بررسی ها تنها افزایش حرارت بدن به مقدار کمی (0/1 و 0/03 درجه سانتی گراد ) را نشان داد

میدانهای ایستای با قدرت بیش از 2 تسلا :

بعضی از اثرات بیولوژیکی برگشت پذیر در انسان در شدت های 2 تسلا و بالاتر مشاهده شده است . این اثرات شامل خستگی ، سردرد ، کاهش فشار خون و درجاتی از ناآرامی می باشد . مشکل بالقوه دیگر در این میدان ها با قدرتهای بیشتر از تعاملی انرژی مغناطیسی و جهت گیری سلول می باشد . مولکولهای مشخصی مثل DNA و ریز واحدهای سلولی مانند گلبولهای قرمز داسی شکل خصوصیات مغناطیسی دارند که با جهت تغییر می یابند این اثر از نظر بیولوژیکی در قدرت میدان 2 تسلا به علت نیروی پیچاننده یا گشتاور که به این مولکول ها وارد می گردد با اهمیت می باشد

### **بیماران باردار:**

تا کنون هیچ آثار بیولوژیکی شناخته شده ای از کاربرد MRI بر جنین مشاهده نشده است . اگر چه مکانیسم وجود دارند که به طور بالقوه می توانند اثرات زیانبار ایجاد نمایند مانند تعامل میدان های الکترومغناطیسی و جنین در حال رشد . سلولهایی که در مرحله تقسیم هستند در طی اولین ثلث دوره حاملگی بیشتر به این اثرات حساس می باشند

FDA نشان گذاری سیستم های MR مورد استفاده در تصویربرداری جنین و اطفال را برای مشخص نمودن میزان ایمنی به علت ریسک زیاد و بالقوه برای بیماران باردار ، عموماً توصیه می نماید که هر آزمایشی از بیماران باردار باید تا پایان اولین ثلث بارداری به تأخیر بیافتد و پس از این دوره باید قبل از انجام آزمایش رضایت نامه کتبی

توسط بیمار امضاء گردد.

### کارکنان باردار:

مراکز MR دستورالعملهای جداگانه ای برای کارکنان باردار خود در محدوده تشدید مغناطیسی دارند. اکثر واحدها این گونه تصمیم گرفته اند که کارکنان باردار می توانند وارد اتاق اسکن شوند ولی در هنگام استفاده از میدان های گرادیان و RF از اتاق خارج نشوند. بعضی مراکز این گونه توصیه می کنند که کارکنان باردار باید در طی اولین دوره سه ماهه بارداری کاملاً از میدان مغناطیسی دور باشند. بررسی اخیر نشان دهنده هیچ افزایشی در وقوع سقط های ناگهانی در بین رادیوگرافها و پرستاران MR نیست پس لازم نیست در طی دوره بارداری از میدان مغناطیسی دور باشند و می توانند بیمار را آماده تصویربرداری نموده ولی در طی کسب تصویر مکان را ترک نمایند.

### پرتابه ها

اجسام فلزی فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی ایستای قوی به صورت پرتابه هایی در می آیند. اجسام کوچک مثل گیره های کاغذ و یا سنجاق مو، هنگامی که در میدان 1/5 تسلا قرار می گیرند سرعت نهایی 40 مایل در ساعت را پیدا می کنند و بنابراین خطر جدی را برای بیماران و یا هر شخص دیگری که در اتاق اسکن باشد ایجاد می نمایند. حتی ابزار جراحی مثل هموستاتها، قیچی ها و گیره ها اگر چه با موادی به نام فولاد ضد زنگ جراحی ساخته شده اند ولی به شدت توسط میدان مغناطیسی اصلی جذب می شوند. کپسول های اکسیژن نیز به مقدار زیادی مغناطیسی می باشند و نباید داخل اتاق اسکن آورده شوند. اگر چه کپسول های اکسیژنی که غیر آهنی می باشند در دسترس است که استفاده از آنها بی خطر است. کیسه های شن نیز باید مورد بررسی قرار گیرند. زیرا بعضی از آنها با شن پر نشده اند بلکه بادانه های فولاد که به مقدار زیادی مغناطیسی می باشند پر گردیده اند توصیه می گردد که تمامی اجسام به وسیله آهن ربای میله ای دستی قبل از ورود به اتاق اسکن MRI مورد بررسی قرار گیرند.

### Implants و پروتزها

ایمپلنت های فلزی اثری جدی که شامل گشتاور، گرما و آرتری فکت در تصاویر MRI می باشد، ایجاد می نمایند. بنابراین قبل از اینکه بیمار مورد MR قرار گیرد، هر سابقه جراحی که بیماران قبل از MR داشته اند باید مشخص گردد. گشتاور و گرما: بعضی ایمپلنت های فلزی در هنگامی که در میدان مغناطیسی قرار می گیرند گشتاور قابل ملاحظه ای ایجاد می نمایند. نیرو یا گشتاوری که بر ایمپلنت های فلزی کوچک یا بزرگ وارد می گردد می تواند اثرات جدی ایجاد نماید مثل اینکه ایمپلنت های ثابت نشده می توانند بطور بالقوه و غیر قابل پیش بینی در درون بدن حرکت کنند. نوع فلزی که در این ایمپلنت ها استفاده می گردد، عاملی است که نیروی وارد شده بر آنها را در میدان مغناطیسی تعیین می نماید. ایمپلنت های فلزی غیر آهنی، انحرافی در میدان مغناطیسی نشان نمی دهند (و یا انحراف کمی نشان می دهند) ولی آنها می توانند سبب گرمای قابل ملاحظه ای به علت عدم توانایی در پراکندگی گرمای ایجاد شده بوسیله جذب فرکانس رادیویی، گردند. اگر چه، آزمایشات

افزایش حرارت قابل توجهی را در ایمپلنت ها نشان نمی دهد.

### **گیره های آنوريسم**

بعضی گیره های آنوريسم داخل جمجمه ای از موارد جدی منبع استفاده در تصویربرداری MR می باشند در یک بررسی از 26 گیره آنوريسم که تحت بررسی قرار گرفتند 19 عدد از آنها خاصیت فرومغناطیسی از خود بروز دادند . حرکت گیره ممکن است رگ را آسیب زده و منجر به خونریزی ، ایسکمی یا مرگ گردد

### **گیره های هموستاتیک عروقی**

گیره های هموستاتیک باید قبل از آزمایش MR ، به صورت خارج از بدن ارزیابی گردند ، اگر چه هیچ کدام از 6 گیره هموستاتیک عروقی که مورد ارزیابی قرار گرفت انحراف در میدان مغناطیسی ایستا پیدا نکرد

### **فیلترها و STENT**

پانزده وسیله داخل عروقی مورد آزمایش قرار گرفت و ثابت شد که پنج عدد از آنها فرو مغناطیسی می باشند . اگر چه آنها در میدان مغناطیسی انحراف از خود نشان می دهند ولی این وسیله ها معمولاً بعد از چند هفته در داخل دیواره رگ نفوذ کرده و حرکت آنها نامتحمل می گردد. بنابراین انجام تصویربرداری MR برای اکثر بیماران با وسیله های داخل عروقی در صورتی که دوره زمانی قابل قبولی بعد از کاشت ، گذشته باشد ایمنی در نظر گرفته می شود.

### **گیرنده های عروقی سرخرگ گردنی ( کاروتید )**

پنج گیره ( عروق ) سرخرگ کاروتید مورد آزمایش قرار گرفت و همه انحراف را در میدان مغناطیسی نشان دادند . اگر چه انحراف در مقایسه با حرکت ضربانی عروق کاروتید به میزان کمی بود . تنها در مورد گیره کاروتید Poppen\_Blaylock استفاده از MR به علت جذب شدید آن به میدان مغناطیسی منع گردیده است

ورودی های دستیابی عروقی Vascular Access Ports

تنها دو عدد از 33 ایمپلنت ورودی دستیابی عروقی مورد مطالعه قرار گرفت ، انحراف قابل مشاهده در میدان مغناطیسی از خود نشان دادند این انحرافات در کاربرد چنین ورودی هایی به میزان کم در نظر گرفته شد بنابراین تصویربرداری تقریباً ایمن می باشد

### **دریچه های قلبی**

اگر چه کاربرد MR در بیماران با اغلب ایمپلنت های دریچه ای ایمن در نظر گرفته می شود ولی چون دریچه هایی وجود دارند که تمامیت آنها آسیب می بیند بررسی دقیق نوع دریچه توصیه می شود ایمپلنت های گوش

تمام ایمپلنت های حلزونی مورد آزمایش جذب میدان مغناطیسی شدند و از نظر مغناطیسی و الکتریکی فعال می باشند بنابراین آنها کاملاً جزء موارد عدم استفاده از MRI شناخته شده اند.

### **ایمپلنت و وسایل مواد دندانی**

اغلب آنها برای تصویربرداری MR ایمن در نظر گرفته می شوند با وجود این که اکثر وسایل دندانی به طور قابل

ملاحظه ای تحت تاثیری میدان مغناطیسی قرار نمی گیرند . آرتی فکت های تاثیرپذیری می تواند کیفیت تصویر را در MR خصوصاً در تصویربرداری گرادیان اکو تحت تأثیر قرار دهد . باید توجه داشت که بعضی از وسایل دندانی از نظر مغناطیسی فعال هستند و بنابراین خطرات بالقوه ای برای تصویربرداری دارد.

Pacemaker

**بیماران با pacemaker قلبی مطلقاً نباید مورد تصویربرداری MRI قرار گیرند . حتی میدان هایی که با قدرت G10 ممکن است باعث انحراف ، تغییر برنامه و مسدود شدن فعالیت آن شود و باعث می شود pacemaker در حالت غیر هم زمان کار کند به علاوه بیمارانی که pacemaker خود را خارج نموده اند ممکن است سیم های آن درون بدن آنها باقی مانده باشد که قادر است مانند یک آنتن عمل نماید و توسط القای جریان سب فیبریلاسیون گردد**

[b]

#### میدان های متغیر با زمان

به علت وجود میدان TVMF در اطراف ترانسفورمرها و خطوط با ولتاژ بالا بررسی های زیادی در مورد اثرات بیولوژیکی ناشی از میدان انجام شده است . پی آمدهای بهداشتی ، ارتباطی به قدرت میدان گرادیان ندارد ولی به تغییرات میدان مغناطیسی که جریان ها را القا می نماید مرتبط است در MR باید به اعصاب و عروق خونی و عضلات که مانند هادی در بدن عمل می نمایند توجه داشت . قانون القای فارادی بیان می کند که تغییر میدان های مغناطیسی جریان های الکتریکی را در هر ماده هادی القا می نمایند . جریان های القا شده متناسب با قابلیت هدایت مواد و میزان تغییر میدان مغناطیسی و شعاع حلقه القاء می باشد . در MR ، این اثر بوسیله عواملی مثل مدت زمان پالس ، شکل موج ، الگوی تکرار و پراکندگی جریان در بدن تعیین می گردد . جریان القا شده در بافت های محیطی بیشتر می باشند زیرا دامنه گرادیان با افزایش فاصله از نقطه هم مرکز مغناطیسی بیشتر می باشد اثرات بیولوژیکی که با دامنه جریان تغییر می کند از تغییرات برگشت پذیر در بینایی گرفته تا اثر برگشت ناپذیر مثل فیبریلاسیون قلبی ، تغییرات در بیوشیمی سلول و پیوند شکستگی ها وسعت دارد . اثراتی که گهگاه در طی بررسی های MRI با تکنیک های اکوی تخت تجربه می گردند شامل احساس خفیف پوستی و انقباضات غیر ارادی عضلات می باشد . اثرات بینایی ممکن است در اثر تحریک فسفن های شبکه بوسیله القای ناشی از TVMF صورت گیرد این حالت منجر به دیدن نقاط روشن توسط بیمار می شود

#### نوفه صوتی

با عبور جریان از سیم پیچ های گرادیان در طی کسب تصویر مقدار زیادی نوفه صوتی ایجاد می شود . اگر چه سطوح نوفه در اغلب سیستم های تجاری در محدوده دستورالعمل های ایمنی توصیه شده در نظر گرفته می شوند ولی این نوفه می تواند اثرات برگشت پذیر یا برگشت ناپذیر ایجاد نماید . این آثار شامل مشکل ارتباطی ، ناراحتی بیمار ، کاهش شنوایی گذرا و د بیمارانی که از نظر نارسایی شنوایی حساس می باشند منجر به از دست دادن دائمی شنوایی می گردد . استفاده از گوشی روشی قابل قبول و ارزان برای جلوگیری از کاهش شنوایی بوده و باید مورد استفاده قرار گیرد . روش جایگزین که با هزینه بیشتری می باشد ضد نوفه یا دستگاه نوفه مخرب می باشد که نه تنها نوفه را کاهش می دهد بلکه همچنین ارتباط بهتری را بین کاربر و بیمار ممکن می سازد

#### تابش فرکانس رادیویی:

به علت اینکه سطح انرژی فرکانسهای مورد استفاده در MR کلینیکی در مقایسه با پرتوهای X نور مرئی و مایکروویو نسبتاً کم می باشد اثر بیولوژیکی غالب جذب تابش RF ، گرم شدن بافت می باشد . اگر چه اثرات غیر حرارتی گزارش شده اند ولی این اثرات تاکنون تأکید نگردیده اند . با اعمال یک پالس تحریکی بعضی هسته ها انرژی RES را جذب می کنند و وارد انرژی بالاتر می گردند با آسایش آنها ، هسته این انرژی جذب شده را به محیط احاطه کننده خود می دهد . در فرکانس هایی کمتر از 100 مگاهرتز ، 90% انرژی جذب شده ناشی از جریان های بافت می باشند که بوسیله اجزاء مغناطیسی میدان فرکانس رادیویی القا می گردند . با افزایش فرکانس ، انرژی جذب شده نیز افزایش می یابد بنابراین گرم شدن بافت به طور گسترده ای وابسته به فرکانس می باشد . به این منظور گرمای RF در سیستم های MR که در میدان هایی با شدت کمتر از یک تسلا کار می کنند ، اهمیت کمتری دارد

سیستم های تصویربرداری MR نمی توانند تابش دهی RF را اندازه گیری نمایند بنابراین اندازه گیری جذب RF ضروری می باشد . جذب RF بوسیله گرم شدن بافت مشخص می گردد . توانایی بیمار در پخش گرمای اضافی یک مبحث مهم ایمنی می باشد . پخش انرژی را می توان با واژه میزان جذب اختصاصی Specific absorption Rate یا SNR شرح داد که با واحد بیان می شود

$$SNR = \text{Jowles of RF} / \text{second} / \text{kg body weight}$$

SNR به میدان الکتریکی القا شده ، دور فعال پالس ، دانسیته بافت ، هدایت و اندازه بیمار بستگی دارد . در امریکا سطوح توصیه شده برای SNR در تصویربرداری 4/0 برای تمام بدن ، 2/3 برای سر و 8 برای حجم کوچک می باشد