

MRI装置では、静磁場、RFパルス、傾斜磁場の作用を考える必要がある。これらが生体に及ぼすのは、静磁場の力学的作用、RFによる発熱、傾斜磁場による神経刺激および騒音、胎児への影響などである。ここでは、安全に検査を行う上で必要となる知識やポイントについて解説する。

1. 静磁場の力学的作用

安全管理上、最も注意しなければならないのは、静磁場による力学的作用（並進吸引力やトルク）である。強磁性体（掃除機、酸素ポンペ、工具、モニタなど）が、磁場に強く引っ張られてマグネットに向かって飛んでいったり、体内にある強磁性体に吸引力やトルクが生じたりする場合である。不注意による事故が後を絶たず、実際に、酸素ポンペによる死亡事故が起きている。高磁場のマグネットでは、吸着した強磁性体を取り除くために、磁場を落とさなければならない場合もあり、多くの時間的および経済的損失も伴う。静磁場の吸引力は、静磁場とその空間的勾配、距離、質量、磁化率に依存し、偏向角（ASTMの安全ガイドラインは45°以内）などによって評価されている。

静磁場強度の上限は、各国さまざまであるが、日本（厚生労働省）において治験を必要としない診療用MRI装置の静磁場強度の上限は、1.5Tである。最近、3TのMRIが話題になっているが、診療装置として使用するためには治験を経なければならない。MRI安全標識、漏洩磁場分布、立入制限区域を明示し、使用中および磁場発生中の表示灯、標識を設置する必要がある。表1に周辺器機や設備などがMRI装置に悪影響を及ぼしたり、MRI装置から受けないようにするための許容磁場強度を示す。

表 1 各種機器におけるおおよその許容磁場強度(1mT = 10Gauss)

0.05mT	ガンマカメラ, X線透視装置のイメージ, 電子顕微鏡
0.10mT	PET, サイクロトロン, 直線加速器, CT, 超音波装置, 結石破砕装置, カラーテレビ, カラーモニタ
0.15mT	白黒モニタ
0.3 mT	トランス, 鋼材が含まれていて動くもの(例; 自走台車, フォークリフト, エスカレータ, エレベータ, 貨物自動車, 電動カート, ヘリコプタなど)
0.5 mT	ペースメーカー, 神経刺激装置
1.0 mT	コンピュータ, 磁気テープおよび磁気テープドライブ, 磁気ディスクドライブ, フロッピーディスク, 光ディスクドライブ, ハードコピーカメラ, ラインプリンタ, 水冷設備, X線管球, クレジットカード, 時計, 現像機, 電話交換機, 大きな鋼材を使用した設備(非常用発電器, コインランドリー, 調理準備室, 空調用チラー, 燃料貯蔵タンク, 5馬力以上のモータなど)
3.0 mT	電子機器
5.0 mT	MRのRFアンプ, 電話機, 金属探知器
10 mT	超伝導磁石の電源, 酸素モニタおよびセンサ, 緊急システム停止スイッチ
20 mT	傾斜磁場アンプ

ここがポイント ! 1



他の部署のスタッフは、撮像中以外は磁場が立ち上がっていないと誤解していることがある。未然に事故を防止するためには、MRI検査室に入るすべての人(被検者, 付添人, 医師, 看護師など)を、必ず診療放射線技師などのオペレータがチェックし、被検者を誘導しなければならない(「-2」参照)。最近の装置は磁気シールドの性能が良く、ガントリ付近で急激に磁場が高くなり、瞬時に強い力で強磁性体が引き寄せられるので、特に注意しなければならない。

Question



静磁場による生物学的な作用はないのだろうか？

Answer



非常に強い磁場では生物学的作用を生じますが、現行の診療用MRI装置の磁場強度では、重大な問題となる報告はありません。

2. RFパルスによる発熱

RFパルスによって導電体である人体には、渦電流のジュール熱が生じる。この評価には、単位重量あたりの熱吸収比(specific absorption rate: SAR, W/kg)が用いられる。診療用MRI装置の規制値内においては、人体の放熱機能のために体温上昇はほとんど認められない。皮膚温が上昇した例も多数報告されているが、それは生体が調節可能な範囲にあり、通常、RFパルスによって熱くは感じて人体に障害を及ぼす可能性は極めて低い。厚生労働省はSARの上限を、全身0.4W/kg、頭部3.2W/kg以下、体内のどの場所でも組織1gのSARが8.0W/kg以下としている。さらに、体温が1℃以上上昇しないことや、頭部(38℃)、体幹(39℃)、四肢(40℃)に局所的な温度制限を設けている。しかし、この基準値よりもはるかに高いSARでも問題ないという報告が多く出ており、IECはすでに1995年に規定値を緩和することを決定し、例えば通常モードでは、15分平均の全身SARは1.5W/kg以下(周囲温度24℃以下、相対湿度60%以下)になった。FDAもIECにならって1998年に規制値を変更した。