

放射線科学

## 7 テスラ MRI について

長縄 慎二

### MRI

MRI(magnetic resonance imaging)は磁気共鳴画像診断であり、単にMRIといったときは、検査装置のことを意味することも、検査自体を意味することもある。強力な静磁場の中に被写体を入れて、特定の周波数のラジオ波を照射して、被写体からの信号を解析して、診断に用いる。電離放射線被曝がないため、広く臨床診断に用いられている。2003年にはMRIの医学におけるその重要性と応用性が認められ、“核磁気共鳴画像法に関する発見”に対して、ポール・ラウターバーとピーター・マンスフィールドにノーベル生理学・医学賞が与えられた。

### 我が国でのMRI

我が国で臨床現場でMRIが使用され始めたのは1982年に中津川市民病院にFONAR社の0.043テスラの永久磁石装置が導入されてからである。一般的に我が国で使用されるようになってきたのは、1980年台後半であり、1988年、名古屋大学医学部附属病院にも超電導磁石を用いた1.5テスラ装置が導入された。私が放射線科医師になったのも丁度この頃で、脊椎の縦切りの写真をみて、鳥肌が立つように感動し、この分野を極めてみたいと思った。当時の放射線医学講座教授の佐久間貞行先生にこの道に誘っていただいたことをとても感謝している。

### 1.5から3テスラへ

さてテスラというのは磁場強度の単位で1テスラは1万ガウスである。磁場強度が上がるほど、得られる信号が強くなるので、信号雑音比が上昇し、要は短時間に高精細な画像が得られるようになる。時代とともにテスラ数は上昇し、長らく1.5テスラが主流であった我が国にも2000年台に入ると3テスラ装置が国内でも導入されはじめ、名古屋大学医学部附属病院でも、国内の薬事承認を得るため、臨床試験が行われた。その後、3テスラ装置の有用性が認められ、保険点数上も上位加算されるようになると、2014年現在、国内でも急速に増加

し稼働MRI約6900台の約一割を占めるまでになった。つまり大学病院や地域の中核病院にはほとんど装備されるようになった。

## 高磁場の特徴

磁場強度が上昇すると得られるメリットは前述した信号雑音比の向上のほか、化学シフトの増大により、物質判別能が上がる、脳機能解析感度が上昇する、MR血管撮影画像が向上するなど、様々なメリットがある。一方でデメリットは、金属吸引事故のリスクが高まる、撮影時の熱蓄積が高まる、磁化率アーティファクトとって、金属や空気、骨などの磁場を乱すものによる画像劣化が目立つようになるなど、こちらも様々なデメリットがある。磁場強度が高まると共鳴周波数が上昇するので、短波長となり、大きな被写体の撮影が困難になり、当初は、3テスラ装置での腹部の撮影はなかなか大変であった。様々な技術的な改良により、現在では、1.5テスラ装置よりもほとんどの部位で良い画像が得られるようになった。

## なぜ6でなくて7テスラ？

さて題名の7テスラであるが、多くの方は、磁場を上げたいのはわかるが、なぜ3から6でなく、7なのだ？と疑問にもたれるであろう。もともと超高磁場実験機では磁場強度は共鳴周波数で決められていた。7テスラは300MHzというきりの良い周波数であるため、テスラ数では中途半端なこの強度が選択された。

現状では、世界でも我が国でも7テスラ装置は研究用であり、静磁場そのものの人体への危険性はないが、技術的に開発途上であるため、一般診療にはもちいられていない。

## 7テスラ装置って？

いよいよ本題である。7テスラ装置は現在、世界の研究機関に100台程度導入されている。我が国では、新潟大学、岩手医科大学、大阪大学で稼働しており、ほかにも生理学研究所、京都大学でも導入が決定している。いずれも主に脳機能解析や脳内回路解析、脳微細構造解析、脳代謝、血流解析などに用いられている。

装置の価格は15億円以上で、高価な液体ヘリウムを大量に使用するので、年間5千万円程度の維持費もかかる。装置の重量も重く、シールドを含めると400トンを超えていたが、アクティブシールド装置の開発で今後は35トン

程度となる。それでも、高層ビルに入れるのはハードルが高く、固い地盤の上  
に平屋の独立建屋が必要で、10メートル以内には車などの動く金属体が入ら  
ないことが装置の安定稼働に必要である。つまり十分なスペースと資金のあ  
る、“体力”のある研究施設でしか保有できない装置である。そこまでして保  
有する価値があるか疑問に思われるのも当然である。一流の研究施設の証とし  
て欲しいだけなのか？と誤解されることもある。

## 7テスラ装置でなにができるの？：イノベーションは脇道で起こる！

いよいよ本題である。

結論からいうと、それがまだ十分にわかっていないので、研究するわけであ  
る。

ここからは虚飾を排した本音の話である。

もちろん、7テスラを用いた様々な研究成果が日々発表され、米国では Human  
Connectome project (<http://www.humanconnectomeproject.org/>) といって脳  
内回路解明のため、莫大な予算が投入されている。アルツハイマー病やパーキ  
ンソン病、うつ病などの解明を目指して世界で研究が多数行われている。脳機  
能解析も定量的磁化率マップも脳血流解析も精度が向上し、7テスラでしか描  
出できないような微細な重要血管も示されている。脳の温度やpHの計測もな  
され様々な生理的、病理的状态の研究も始まっている。

7テスラは巨額な予算を使用するプロジェクトであるので、ある程度、上述の  
内容について、深く掘り下げ、皆が納得できる研究計画を立案するのは当然で  
ある。ただもっと重要なのは、計画した研究をしている間に、当初予想しな  
かったことが出てくるのがイノベーションであり、それをもたらす可能性が高い  
と皆が信じるのが7テスラ装置の普及につながっていると思う。私自身は3  
テスラ装置を用いて世界ではじめて、メニエール病の内リンパ水腫を画像化す  
ることに成功した。しかし、それは正攻法で研究している時、なかなか成果が  
でないで、すこし脇道にそれたときに成功したのが実情である。また、3テ  
スラで成功すると、1.5テスラで再現することは比較的容易であった。7テスラ  
でイノベーションが起きれば、必ず、3テスラで再現し、臨床へフィードバック  
することが可能であると思っている。

## 7テスラで研究してみたいこと

ここからは、具体的、実地的な内容である。

前述のメニエール病における内耳の内リンパ水腫描出に現在、造影剤を使用しているが、造影剤を使用せずに描出できれば、より生理的状态で多数回の検査ができるので、メニエール病の病態解明に大いに貢献する。これを最初にチャレンジしてみたい。この内リンパ水腫評価は、メニエール病の診断基準に入れるべく厚生労働省の班研究もはじまり、多施設での検討もはじまった国際的にも注目されている内容である。また内リンパ水腫は、メニエール病のみでなく、めまいをともなう片頭痛にも関連しているので、対象患者は極めて多い。人口の高齢化とともに患者も急増中である。メニエール病は平均発症年齢が50才であるため、社会的損失も大きい疾患である。

また、もうひとつの社会的損失の大きい疾患として、くも膜下出血が挙がる。くも膜下出血を来す脳動脈瘤が脳ドックでもよく見つかるが、どの動脈瘤が破裂し、どれが破裂しないかは、様々な研究がなされているが未だに判定が難しい。ある方法（ここでは詳細は述べられないが）で、壁の性状を精密に検討することで、破裂リスクの層別化ができないかを検討したい。

まだまだほかにもやってみたいことはあるが、それはまた別の機会にご紹介したい。

(名古屋大学大学院医学系研究科量子医学分野 教授)

