2. MRエラストグラフィは画像診断のキラーアプリケーションか

鷲尾 利克*/水原 和行**/沼野 智一*** / 本間 一弘*

*産業技術総合研究所ヒューマンライフテクノロジー研究部門 **東京電機大学工学部 ***首都大学東京健康福祉学部

現在、超音波、CT、MRIなど種々の医用画像装置が診断に用いられている。それらの装置から得られる画像の多くは、組織の形態情報に関するものであり、例えば、MRIでは信号源であるプロトンの密度やT1、T2などの緩和時間を信号強度に反映した形態画像となる。また、血流など信号源の動態を反映させた撮像も可能であり、超音波であればドプラ画像、MRIであれば信号源のプロトンの運動を明確にとらえる手法として、phase contrast法(PC法)がある。これまでの研究で多種類の医用画像が提案され、その多くは臨床でも使用されているが、確定診断は医用画像のみでは行わず、医用画像によるスクリーニング後、穿刺による組織生検等が行われるのが一般的である。しかしながら、穿刺を行う場合、細胞播種の問題や、病理組織を採取できないこともあり、侵襲性に見合った成果を得るための研究開発が日々続いている。

そこで、本稿では発想を変えて、大胆だが、医用画像のみで確定診断を行えることを確定診断のunmet needsと考え、その答えについて考えてみたい。答えとなる可能性のある技術は数多くあるが、その中でも、従来行われている診察行為の触診を模擬したMRエラストグラフィ(MRE)が最も可能性の高い医用画像技術と言える。

MRエラストグラフィ(図1)

1995年のMayo Clinicの*Science*誌での発表¹⁾に端を発するMREは、その後MRIを活用する研究の一大トピックとなって現在に至っている。海外における研究では、種々の臓器での粘弾性計測が行われ、特にMayo Clinicの行っている正常肝臓と疾病肝臓を弁別する閾値が弾性率で求められている研究²⁾は、まさにunmet needsを解決することを示唆しており非常に興味深い。

では、MREは、どのように情報収集を行うのか簡単に説明する。MREにおける技術的な3要素として、外部振動装置、撮像シーケンス、解析手法が挙げられる。MREは、信号源の動きを位相に変換するPC法をベースにしている。まず、外部から一定周波数を持つ物理振動を、撮像シーケンスと同期させて撮像対象に与える。撮像シーケンスでは、スライス選択傾斜磁場を印加した後に、各プロトンの振動による位置変化をそれぞれの位相情報に変換する1～数回の双極性の傾斜磁場を印加し、リードアウトで読み取りを行う。このように収集されるk空間を埋めた情報から作成された位相画像(wave image)は、各部位の周期的な運動軌跡が位相に変換されているので、空間的な周期を確認でき、その周期性は撮像対象の粘弾性特性に起因する。このwave imageを用いて、種々の解析方法により求めたい粘弾性特性に変換する。

MREがキラーアプリケーションとなりうるかは、万人が使える技術であるか否かによる。以下では、MREの3要素それぞれのこれまでの技術と課題について説明する。

外部振動装置

1995年に*Science*誌で発表された内容¹⁾では、撮像対象に剪断波を与えていたが、現在では、生体深部への伝播を考慮し圧縮波を与えるようになっていく。生体の表面から生体内部の対象臓器に振動を与えることは、これまでの技術でも超音波診断装置、および収束超音波治療装置で行われているが、MREで使用する振動数は一般的に超音波より低い。おおむね600Hz程度までの可聴域の周波数が用いられる。

振動源にはスピーカが用いられることが多く、筆者らのグループでも主にスピーカを音源としている。変わったところでは、脳の弾性率を計測するために作製された咬合力で保持するbite bar型、MRI装置外に駆動源を配置し、bar先端を対象に押し当てる機械型、非磁性材料を用いたボールパイプ型³⁾などが提案されており、その目的は、MREでwave imageを得るため、より効果的に振動を生体に与えることである。一方で、安全性への配慮から一定の振幅以上を与えないような調整機能も必要としており、出力を容易に変更できる制御性の良さも臨床においては重要である。