

1. MRI

拡散テンソルトラクトグラフィ(DTT) がもたらす情報 — 筋線維の構造評価を中心に

岡本 嘉一 筑波大学附属病院放射線診断IVR

拡散テンソルトラクトグラフィ(diffusion tensor tractography : DTT)は、脳神経領域の神経線維を描出させるという目的から端を発し、その画像の高いインパクトから、近年マスコミでも頻繁に取り上げられるようになり、テレビの医療情報番組などでも目にする機会が増えている。

一方、近年、この技術を骨格筋線維の描出に応用する研究が行われており、国際学会や論文での発表が相次いでいる。筆者も骨格筋MRIの研究を開始して数年経つが、なかでもDTTは研究の主要な柱の一つとなっている。

本稿では、骨格筋のDTT研究の現状や将来展望について、自検例を交えつつ報告する。

骨格筋 DTT の登場

生体内でのプロトンの拡散は、拡散制限因子によって自由な拡散に制限が加わる。ある一定方向への拡散が極端に強い組織を、異方性が高い組織という。そして拡散テンソルでは、その異方性の高さ、ある方角への拡散の偏りの高さを数値化し、fractional anisotropy (FA)にて表現する。それらmicrometer (μm)レベルでの拡散異方性の高い微小構造の連続を追跡(tracking)し、それを可視化したものがDTTである。

脳神経領域は、人体内でも非常に異方性が高い組織として知られており、最初に脳白質線維の可視化からトラクトグラフィが始まった。当初は研究的要素の高い撮像法という印象であったが、最近のMRI装置の大部分で容易に撮像、再構成が可能となってきており、近年では臨床にもかなり普及し、脳腫瘍などの術前情報としてルーチンで撮像されている施設も多いと思われる。

一方、骨格筋も脳神経領域ほどではないが、かなり拡散異方性の高い組織の1つであり、脳白質のDTTの臨床応用が急速に進んだ2000年代後半に、動物や人体の骨格筋線維の描出に関する研究発表が相次いだ。

骨格筋MRI研究全般に言えることだが、骨格筋DTTも、人体ではまず下肢、特に下腿の描出から始まり(図1)、その後四肢全体へと応用が進んだ(図2)。さらに近年では、DTI(diffusion tensor

imaging)の発展形と言えるDKI(diffusion kurtosis imaging)とともに、さらに複雑な骨格筋線維描出への応用研究が進みつつあり、国際MRI医学会や論文では、側頭筋、骨盤底筋群といった、かなり複雑な走行を示す骨格筋のトラクトグラフィ画像が発表されている。

画像取得の実際

技術的に特別な装備は必要なく、脳神経領域のDTTが撮像できる設備と条件が整っていれば、そのまま骨格筋に応用可能である。再構成も、脳神経領域用のソフトウェア(フリーソフトを含む)とDICOMデータをそのまま利用できる。また、撮像の基本的な方法論も、脳神経領域の理論がほぼ応用可能と考える。

ただ脳神経領域に比べて、例えば、MPG印加軸数はどの程度が理想か、といったことが盛んに議論されているとは言い難い。理論上は、6軸よりは15軸の方が良好だが、多軸がベターか、あるいはどの程度の軸数が適切かといったことに関してまだ十分に検討されているとは言い難い。筆者らの経験では、少なくとも6軸と15軸で描出能、トラクトグラフィの精緻さに大きな差があるという印象はなく、また、32軸以上の使用は、撮像時間の関係のためか他施設の発表などでもほとんど見かけない。したがって、6~15軸が妥当と思われる。

一方、拡散を強調する程度、すなわちb値の設定に関して、骨格筋はT2値が短い組織なので大きなb値はTEの延長