

5. 脳梗塞, 多発性硬化症 — diffusional kurtosis imaging (DKI), q-space imaging (QSI)

堀 正明

順天堂大学医学部放射線医学講座

多発性硬化症 (multiple sclerosis : MS) や脳梗塞の診断において, MRIの有用性や普及はいまさら改めて述べるまでもない。T2強調画像やT1強調画像, FLAIR画像といった広く用いられるルーチンのMRIの撮像方法のほか, 拡散強調画像は, 例えばMSにおける活動性プラークや急性期脳梗塞の検出において, すでに広く臨床応用がなされている。また, その拡張した撮像手法である拡散テンソル画像により計算可能な, 水分子の拡散異方性を示す指標である fractional anisotropy (FA), および白質線維を可視化したトラクトグラフィは, 主にMSあるいは脳梗塞の局所的な病変と, 周囲の構造との関係を詳細に観察可能なものとしている¹⁾。また, FAはMSでの正常に見える白質 (normal appearing white matter : NAWM) における, 通常のMRI撮像で検知できない障害のバイオマーカーとしての有用性が知られている。現在, さらに高度な, ガウス分布拡散を前提としない拡散強調画像の臨床応用が始まっており, 本稿では, その代表的な撮像方法である diffusional kurtosis imaging (DKI)²⁾ および q-space imaging (QSI)³⁾ について述べる。

DKI および QSI の概説

DKIは, 3つ以上の複数のb値にて撮像した拡散強調画像のデータより, b値の信号強度の片対数値のプロットを二次曲線でフィッティングしたものから, 見

た目の拡散係数および kurtosis を算出する手法である (図1)。一般的に, kurtosis はガウス分布からのズレとともに大きくなり, ヒトの脳ではより複雑な構造の場合, その値が高くなることが知られている。DKIから算出される計算値として, mean diffusion (または diffusional) kurtosis (MDK) や, 拡散テンソルでの axial diffusivity, radial diffusivity (前者は白質では神経線維に沿った方向の拡散, 後者は神経線維と直行する方向の拡散) に相当する axial kurtosis, radial kurtosis といったものがある。

QSIはDKI同様, 複数のb値により撮像したデータの信号減衰曲線をフーリエ変換することにより, 特定のモデルを仮定することなく (つまりガウス分布をしているかどうかは問題ではなく), 分子の実際の拡散分布の測定が可能な手法である。ただし, 正確な測定のためには多数のかなり高いb値のデータが必要であり, 必然的に長い撮像時間が必要となり, 臨床での応用はDKIよりはハードルが高い。QSIから算出される計算値としては, 上記フーリエ変換後の水分子の確率密度分布の半値幅 (full width at half maximum : FWHM) から計算する root mean square displacement (RMSD, 平均変位と訳されることが多い) や, 0-place displacement probability (0変位確率密度) などがある⁴⁾。

多発性硬化症における DKI, QSI

過去の報告において, 通常のT2強調画像でのMS病変の広がりや臨床症状との間に関連が低いことが示されている⁵⁾。その後, 拡散テンソルなどを用いての, いわゆるNAWMや皮質を測定することにより, 臨床的な障害の程度をMRIを用いて客観的に評価する試みが数多く行われてきており, ある一定の進歩はあったと考える⁶⁾。すなわち, MSにおいて障害を来している部位・組織に対する感度の違いが, より新しい撮像方法を用いる利点であると考えられる。

DKIに関して, 吉田らはNAWMの評価において, MDKが従来のFAあるいはADCより高感度にNAWMにおける組織の障害を評価できるという報告を行っている⁷⁾ (図2)。さらに, 局所的な臨床の評価として, 視覚誘発電位 (VEP) で両側に異常を示すMS患者群では, 視放線の拡散異常も有意に示され, 脱髄や変性を反映した可能性があり, またVEP潜時と視放線のFA, ADC, MDKは良く相関し, これらの拡散指標も視路の臨床評価に有用と考えられたという報告も行っている⁸⁾。

QSIに関しては, MSにおける白質の評価で, 従来の拡散テンソルに対する優位性が, 2002年にすでにAssafらによって報告されている⁹⁾。その後も同様の報告を散見するが, 大規模な患者群を対