

1. MRI

q-space imaging による 評価の可能性

畑 純一 東京大学医学部附属病院放射線部

q-space imaging (QSI) は、近年になり MRI に関する学会や研究会で大きな話題となっている。QSI は、Callaghan や Cory によって 1990 年に提唱された^{1), 2)}。当初、QSI は、NMR の世界で多孔物質に対する研究目的で報告された。この QSI では、マイクロサイズの構造情報を取得することが可能で、近年になって生体にも目が向けられるようになり、脳疾患による細胞の変形^{3), 4)}や、赤血球の形状評価^{5), 6)}など数多くの報告がなされている。

QSI とは何だろう？ 新しい MR 撮像法？ と思われている方もいるかと思う。そのために、QSI について簡単に記載させていただく。まず、QSI は新しい撮像法ではなく、解析法である。現在、臨床において不可欠となってきている拡散強調撮像法 (diffusion weighted imaging : DWI) の b 値設定を可変させてデータを取得し、このデータに対しフーリエ変換を用いて解析したイメージング方法である。

次に、DWI と QSI は何が違うのか？ DWI は、水分子の拡散現象を反映させた撮像法であり、広い流体を自由に拡散する水分子を対象とする。しかしながら、生体において自由に拡散している組織は少なく、拡散が制限された組織が大半であり、制限拡散下では、複数のコンパートメントが存在するという仮説が多く報告されている^{7), 8)}。コンパートメントモデルは非常にややこしく、生体内拡散の解析が複雑化してしまうが、QSI では、この複雑なモデルを避けつつ、生体組織の制限拡散を解析できるとされている。

本稿では、この QSI が骨格筋領域において、どのような情報を提供する可能性

があるのか、そして、今後どのように発展していくのかを解説する。

QSI による 骨格筋評価の可能性

QSI では、前述のとおり生体における構造情報を解析することができる。筋繊維は直径 10~100 μm 、長さ 1 cm 程度の円筒状の細胞である。この集合体が骨格筋とされている。QSI では、この直径方向の構造情報を反映した値を算出し評価できるとされている。

1. 疾患鑑別

骨格筋疾患では、筋そのものに原因があり、筋萎縮を起こしたり収縮力が低下する筋原性疾患 (ミオパチー : myopathy) と、筋に接合する末梢神経に原因がある神経原性疾患 (ニューロパチー : neuropathy) に分けられる。これらの鑑別には、①症状から、②検査から、③病理からと 3 つのアプローチがある。症状は触診や視診により、検査は血液、筋電図、CT、MRI などにより、病理は筋生検により鑑別を行っていく。QSI はこのうち、検査と病理を掛け合わせた能力を持っていると言える。

QSI は、通常の MRI 検査と同様の検査であり、病理に近い構造情報を取得できる可能性を秘めている。病理で取得できる情報に、筋細胞 (直径) サイズがある。これを MRI 検査にて取得できる可能性が考えられる。正常な筋では直径に大小不同はないが、筋原性筋疾患では、筋線維と筋線維の間が広がるため、結

合組織が増加し大小不同となる。一方、例外はあるが、基本的に神経原性疾患では脱神経を受けた小径の線維が群をなし、いわゆる群萎縮の像を呈する。これらの筋細胞直径の変化を QSI にて評価することで、新たな筋疾患鑑別へのアプローチが開ける可能性が考えられる。

筋生検は侵襲的な検査であるのに対し、QSI は非侵襲であり、細胞構造を評価する目的のみであれば、将来を期待できる検査となりうる可能性を秘めている。

2. 機能評価

筋線維は大きく、速筋線維と遅筋線維という 2 タイプに分類できる。速筋線維は筋収縮速度が速く、トルクが大きい代わりにスタミナがないスプリンター型の筋線維と言われている。一方、遅筋線維は筋収縮速度が遅く、トルクが小さい代わりにスタミナがあるマラソン型の筋線維と言われている。この 2 タイプには、これ以外にも筋線維直径、ミトコンドリア容量、毛細血管密度の違いが存在するが、このうち、QSI では筋細胞直径を評価できる可能性を秘めている。速筋線維では筋細胞直径が大きく、遅筋線維では小さい。陸上競技の選手の場合、スプリンターは速筋線維が多く、マラソン選手は遅筋線維が多いということが研究によりわかっている。また、これらの割合は練習によりある程度変化するが、基本的には遺伝で決まっているということがわかっている。

通常、このタイプ割合の評価は生検による染色法で行われるが、侵襲が伴ってしまう。しかし、QSI によって、筋細胞