

1. MRI

T1 強調像がもたらす情報 ——形態評価を中心に

杉崎 範英 早稲田大学スポーツ科学学術院

T1 強調像は、主にスピンエコー法において比較的短いTRとTE（骨格筋の形態評価では、それぞれ300～600ms程度と10～20ms程度）を用いることによりT1を強調し、T2を非強調して取得される画像である。T1強調像は、組織の形状を比較的高い分解能で示すことができる。そのため、MRIを用いた骨格筋の評価の中でも、T1強調像は主として筋の形態（形状）の評価に用いられる。T1強調像においては、結合水を多く含む組織やプロトン密度の高い組織が高信号となり、自由水を多く含む組織や硬組織は低信号となる。そのため、T1強調像上では、脂肪や骨髄は白く、筋は濃い灰色に、骨や腱は黒く表示される。

骨格筋の機能を決定する因子は多岐にわたるが、その中でも、筋形態（もしくは筋形状：muscle architecture）は主要な因子であるとされる^{1), 2)}。筋形状は、筋内における筋線維の幾何学的な配列³⁾、も

しくは、それを含めた筋の外形や筋骨格系における筋と腱の位置関係の総称¹⁾と定義される。研究によって多少の違いはあるものの、筋形状を表す指標としては、①筋線維長（もしくは筋束長）、②筋横断面積、③筋体積、④筋モーメントアーム長、⑤羽状角（羽状筋において筋の長軸方向と筋線維の走行方向がなす角度）が挙げられている。これらのいずれの筋形状指標についても、これまでの研究においてT1強調像を用いた測定もしくは推定が試みられている。しかしながら、筋線維長や羽状角といった筋形状指標については、測定の簡便性や測定精度の理由から超音波Bモード法（brightness mode ultrasonography）による測定が主流となっており、T1強調像は主に筋横断面積、筋体積、および筋モーメントアーム長の評価に用いられている。本稿では、これら3つの筋形状指標の評価を取り上げることとする。

筋横断面積

筋の横断面積は、いわゆる筋の太さのことであり、筋の発達度合いの指標となる。骨格筋の評価において筋断面積を測定する意義は、筋横断面積と筋が発揮しうる力の最大値（最大筋力）が比例関係にある^{4), 5)} ことにある。骨格筋の断面積を測定する方法は、MRIのほかにも超音波法、X線コンピュータ断層撮影（X線CT）、あるいは二重エネルギーX線吸収法（DEXA法）などがあるが、放射線被ばくの問題がないことや、表層部だけでなく深層部に存在する筋まで高精度に測定することが可能であることなどから、MRIのT1強調像による測定が主流となっている。

1. 生理学的筋横断面積

筋横断面積には、生理学的筋横断面積（physiological cross-sectional area）と、解剖学的筋横断面積（anatomical cross-sectional area）の2種類がある。

生理学的筋横断面積は、筋線維に直交する面における筋の面積であり、個々の筋線維の太さを合計した値と等しくなる。そのため生理学的筋横断面積は、最大筋力と直接関連する指標であり、筋形状指標の中でも最も重要な指標であるとされる。すべての筋線維の横断面積の総和を測定することは不可能であるため、生理学的筋横断面積は通常、筋体積を筋線維長（力-長さ関係において最も力が大きくなる長さ：optimal length）で除すことによって推定される。MRIは、