

II MRIのストラテジー&アウトカム

●臨床施設からの報告—心臓MRIの臨床的有用性と技術進歩

1. T1 mappingを用いた 心筋間質の定量評価

石田 正樹*1/後藤 義崇*1/中森 史郎*2/北川 覚也*1

*1 三重大学医学部附属病院放射線診断科 *2 三重大学医学部附属病院循環器内科

遅延造影MRIは、心筋性状、特に局所的線維化の評価に関して非常に優れた方法であるが、びまん性心筋線維化や軽度の心筋線維化の評価は難しい場合がある。近年、MRIを用いた新たな心筋性状評価法としてT1 mappingと呼ばれる手法が開発され、大きな注目を集めている。本稿では、T1 mappingを用いた心筋間質の定量評価について、当院における経験を中心に解説する。

T1 mappingと 細胞外容積分画 (ECV)

T1 mappingとは、T1緩和時間 (T1値あるいは単にT1とも言い、単位はmsで表す) をピクセルごとに定量評価してマップ表示する方法のことである。当院では、MOLLI法というパルスシーケンスを用いて心筋のT1 mappingを行っている¹⁾。T1 mappingでは、T1値の絶対値を表示するため、組織性状をより客観的かつ正確に評価できる可能性がある。2013年にSociety for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) から発表された心筋のT1 mappingと細胞外容積分画計測に関するコンセンサス・ステートメント²⁾では、ガドリニウム造影剤投与前のT1値のことをNative T1と呼ぶことが推奨されているが、心筋のNative T1は、心筋線維化や心筋浮腫、アミロイド沈着が強いと延長し (値が大きくなり)、心筋への脂肪や鉄成分の沈着や出血により短縮する (値が小さくなる)³⁾。心筋組織に線維化と脂肪沈着や鉄沈着

が同時に生じれば、T1値を延長させる効果と短縮させる効果が打ち消し合い、見かけ上、正常値を示すこともありうる。

Native T1と対して議論されるパラメータとして、細胞外容積分画 (extracellular volume : ECV) がある。ECVは、式 (1) に示すように、細胞外液に非特異的に分布するガドリニウム造影剤の性質を利用して、造影剤投与前後の心筋組織および左室内腔血液のT1値とヘマトクリット値により定量的に計測される³⁾。

$$ECV(\%) = (1 - Hct) \times (1/T1_{myo\ post} - 1/T1_{myo\ pre}) / (1/T1_{blood\ post} - 1/T1_{blood\ pre}) \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

生体組織中で、細胞の周囲や細胞と細胞の間に存在するタンパク質の超分子複合体のことを細胞外マトリックス (extracellular matrix : ECM) と言い、組織の強度や可塑性、柔軟性にかかわっている。ECMは細胞外液に浮遊するように分布しているため、ECV計測とは、すなわちECMを間接的に評価することでもある。ECVは心筋の線維化、浮腫、アミロイド沈着の程度が大きいほど大きな値を示すことが知られている³⁾。

T1値は、静磁場強度に依存するため、同じ組織であっても、1.5T装置で測定されるT1値と3T装置で測定されるT1値は、まったく異なる値を示す点に十分な注意が必要である。そのため、T1 mapping、特にNative T1について議論する際は、必ず静磁場強度を提示すべきである。一方で、ECVは造影剤の細

胞外容積分画 (%) を示しており、装置の静磁場強度に依存しない。また、細胞内に生じた変化はNative T1には反映されるが、ECVには基本的に影響しない。

●線維化の指標としての Native T1とECV

ECMを構成している主成分はコラーゲンである。そのため、組織学的に測定された細胞外コラーゲン体積分率 (以下、CVF) がECM量を最も正確に反映した定量的な指標であるとされている。近年、心筋生検や心移植時の摘出心で得られた標本から測定されたCVFと、MR画像から定量評価されたECVを比較した報告がいくつか見られ、両者の間には密接な相関があり、画像解析で計測できるECVが心筋線維化の程度を評価する定量的指標として有用であることが確認されている⁴⁾。

MRIを用いてECVを得るには、造影前後で同一部位に対して2回のT1 mappingを行う必要があり、検査時間の延長や解析の手順が複雑化するという問題点がある。したがって、Native T1を心筋線維化の指標としてECVに代替して使用できれば、臨床的な有用性はさらに高まると考えられる。当院では、拡張型心筋症患者において造影前後のMOLLI法を用いたMR撮像と心筋生検を行い、MRIから得られる心筋Native T1、ECVと心筋生検から得られるCVFとを比較した。その結果、Native T1、ECVのいずれも、組織学的に定量評価