

3. 心臓MRIの定量化

城 正樹 日本医科大学付属病院放射線科

心臓MRI (以下, CMR) は, 超音波や心電図, 血管造影, 心臓核医学に加えて, 新たな心臓検査の standard protocol となりつつある。任意断面での cine 画像による壁運動や T2 強調画像による浮腫の評価に加え, 遅延造影 (late gadolinium enhancement : LGE) の有無やパターンを高い再現性と空間分解能をもって評価することで, 虚血のみならず多くの心筋症を鑑別することが可能となった。

数多くの利点により瞬刻間に広がった CMR だが, 心筋症が疑われているにもかかわらず, 造影を行っても心筋に LGE が見られないグレーな症例 (病初期や非典型例) も多くあり, LGE の有無のみでは評価に難渋することもしばしば経験される, といった問題点が多く報告で見受けられている。

だが, 病理による組織標本では, このグレーゾーンでも線維化など変性した障害心筋は確かに存在しており, CMR による心筋 T1 値がコラーゲン含有量の組織学的評価によって心筋線維症と強く相関していることが示されてから, 視覚的な評価が困難であっても心筋を定量化することができれば, LGE がなくとも病態を把握できる, ということがわかってきた。

心筋 T1 値

MRI によって計測される組織の T1 値は, MR のコントラストを決定する重要な因子であり, 心筋組織においても細胞成分と間質に含有される水分含有の程度で決定され, 線維化や浮腫のほか, 脂質や鉄成分の影響で変化することがわ

かっている。

T1 値とは, 静磁場内において水素原子の核スピンの集団が縦緩和 (T1 緩和とも呼ばれる) する速度を表した時定数であるが, 一般的に臨床で用いられている T1 強調画像とは, 文字通り各組織の縦緩和の速度の違いを「強調」しているものであり, T1 値以外の因子も影響するため, 真の T1 値は得ることができない。

従来, T1 値を算出するためには, 反転回復法 (inversion recovery 法 : IR 法) を用いて時相の異なる複数の inversion time (以下, TI) の画像から信号強度の変化を測定し, T1 値を求める方法が一般的であった。しかし, 測定から T1 値の算出までにかかなりの時間を要することや, 非造影では心筋と心腔のコントラストが低い上, 心拍動による偏位があるために測定の正確性に欠けるなど, 臨床応用するには非現実的であった。

しかしながら, 心筋 T1 値を定量化することで, LGE では示されないグレーゾーンの疾患の重傷度や予後予測, 治療効果判定などを具体的な指標とすることができるのは, 心臓領域にかかわる臨床家や放射線科医, 技術者らの悲願であったため, さまざまな技術が試行錯誤され, 多くの研究が報告されたのである。

T1 値のパラメトリックマッピング

近年, MRI を用いた新たな T1 mapping と呼ばれる手法が開発され, 注目されている。modified look-locker

inversion recovery (以下, MOLLI) は, Messroghli らによって開発された新しいイメージング技術であり, 心筋線維症の定量的組織特性決定および測定のための再現可能な方法である¹⁾。これにより作成された T1 mapping は, ソフトウェアによってピクセル単位で T1 値を計算し, 階調別に濃淡を付けて画像化したもので, 視覚的に傷害部位を認識することや, 区域ごとや正常・障害心筋部位など, 画像上で任意に囲んだ範囲を定量化できる。さらに, 心筋症が疑われているにもかかわらず LGE がなかった症例や, 腎機能低下症例など造影ができない場合でも, 心筋性状を定量化することで評価可能である。

細胞外液分画 (extracellular volume : ECV) は, 造影剤投与前後の心筋および心腔の T1 値と近似のヘマトクリット値を用いて, 心筋ダメージ (すなわち線維化や浮腫, 鉄やアミロイドなどの沈着) の程度を細胞内成分と細胞外成分の相対量として反映する²⁾。ECV の値は静磁場強度に依存しないため, 施設あるいは装置間にかかわらず定量評価することができる。

測定法

● IR 法 : 180°パルス印加による反転後から縦磁化成分が T1 緩和していく過程を spin echo 法で収集する撮像法である。実際には, TR, TE を一定にして, TI を変えつつ測定後, 測定値を対数グラフにプロットしていき, その