

Ⅲ 各領域における最新MRI技術の臨床応用

6. 心臓MRIの最前線

石田 正樹 三重大学大学院医学系研究科放射線医学

近年、心臓MRIの領域でも画期的な新技術がいくつか臨床に応用され、用いられている。この15年で最も臨床に大きなインパクトを与えたのは、T1/T2をはじめとするパラメトリックマッピング技術と言える。次いで、シネMRIのポストプロセッシングにより、心筋ストレインを評価できるようになったfeature tracking技術が挙げられる。そして、5D-GRASPを用いたfree-running撮像スキームが心臓MRI領域でも開発が進み、自由呼吸かつ心電図不要のfree-running冠動脈MRAなどが開発され、臨床利用が始まろうとしている。さらに、心臓MRIの弱点である植込み型心臓電気デバイス(CIEDs)留置患者においても、RFパルスをワイドバンド化することで遅延造影MRIが十分な画質で撮像可能になったこと、パイロット・トーンという技術を用いた心電図freeの撮像がさまざまな心臓MRI撮像シーケンスでも可能になったことなどが、心臓領域において臨床応用が進んだ最新技術として挙げられる。本稿では、これらの技術について順に現状を解説し、最後に、米国心臓血管MR学会(SCMR)主導で進められている定量的心筋パーフュージョンMRIの標準化についても紹介したい。

パラメトリックマッピング

心臓MRIによる心筋組織性状の評価には、従来、主に遅延造影MRIとT2強調画像が用いられてきたが、前者はびまん性の心筋組織性状の評価に限界があり、後者は安定した画質が得られにくいという問題があった。しかし最近、T1/T2マッピングが導入されて、客観的かつ定量的な心筋組織性状の評価がより詳細にできるようになった。T1マッピングについては、modified Look Locker inversion recovery (MOLLI)法がおおよそ15年前に登場してから、さまざまな類似の撮像方法が開発され比較検討されたが、近年、臨床ではほとんどの施設でMOLLI法が用いられるようになった。また、SCMRが中心となり撮像方法や施設基準値などに関して標準化が進んでおり、新規に始める施設においてもハードルが下がっている¹⁾。

T1マッピングは、心電図同期で心臓の同一断面画像をインバージョン時間を変化させて複数撮像し、回復曲線の時定数からT1緩和時間をピクセルごとに定量評価しマップ表示する。また、造影前の心筋のT1値(native T1)に加え、造影前後の心筋および左室内腔血液のT1値を測定し、血液検査でのヘマトクリット値を用いて補正を行い、細胞外容積分画(ECV)を計測する。T2マッピングでは、心電図同期で心臓の同一断面の画像をT2プレパレーション時間やエコー時間を変化させて複数取得

し、T2減衰カーブを得ることで、その時定数であるT2値をピクセルごとに計測する。

心筋のnative T1は、心筋線維化や心筋浮腫、アミロイド沈着などにより延長し、心筋への脂質や鉄成分の沈着、あるいは出血などにより短縮する。心ファブリー病など心筋への脂質が沈着する病態や、サラセミアなどの心筋に鉄沈着が生じる病態では、心筋native T1は明らかな短縮を示す。

心筋のECVは細胞外マトリクスと密接に関連し、心筋のびまん性線維化と相関する。ただし、心筋浮腫や炎症が背景に存在する場合、びまん性線維化がなくてもECVは増加することがあり、結果の解釈に際し、必ずしも「ECV増加=心筋線維化増加」ではないことに注意する。心アミロイドーシスでは、ECV上昇は主に心筋へのアミロイド沈着による。特に近年、心アミロイドーシス評価においてT1マッピングの使用がガイドラインでも推奨され、臨床における重要性が高まっている²⁾。また、左室肥大の鑑別においてT1マッピングを用いると、心アミロイドーシスや心ファブリー病、肥大型心筋症(HCM)などの主要な心筋疾患が鑑別できる。

心筋炎やたこつぼ心筋症など、心筋に浮腫が見られる場合にT1値は延長し、心筋native T1マッピングは従来のT2強調画像よりも鋭敏に病変を検出する。ただし、T1値の延長は、浮腫以外にも線維化やそのほかの原因による間質増加でも延長するため、T1値の延長は特異的