

## 2. MRIの技術革新がもたらす循環器画像診断のCutting edge

# 1) 自由呼吸下心臓MRIの撮像技術と臨床的有用性

高門 政嘉 / 城戸 倫之 愛媛大学大学院医学系研究科放射線医学

包括的心臓MRI検査は、シネMRIによる形態、運動、心筋パーフュージョンによる心筋虚血、遅延造影 (late gadolinium enhancement : LGE) による心筋線維化、冠動脈MRAによる冠動脈狭窄、phase-contrast法による定量的血流量など、多種多様な項目を一度に評価可能な方法として知られている。一方で、長時間の検査による患者への負担、臨床利用の敷居の高さは大きな課題の一つである。今回、高速撮像法である圧縮センシング (compressed sensing : CS) を用いた新しい自由呼吸下シネMRIの撮像法が開発された。検査時間の短縮に加えて、息止め不要による患者負担軽減などが期待される新技術である。本稿では、新しい自由呼吸下シネMRI技術とその臨床的有用性に関して概説する。

### シネMRI

心臓シネMRIは、心臓の形態や定量的心機能評価が可能な検査として心臓MRIのルーチンの一つとなっており、その再現性の高さから心機能評価のゴールドスタンダードとされている<sup>1)</sup>。心機能評価の重要なモダリティである心エコー検査と比較しても、死角なく任意の断面を撮像できる点は大きなアドバンテージと言える。心臓MRIでは、その解剖学的・機能的特性から、呼吸運動、心拍動の2つの運動を制御・管理しながら検査をする必要があり、呼吸運動の影響をなくすため息止め下で検査を行うことが一般的である。しかしながら、従

来のparallel imagingを用いたシネMRIでは、1回の息止めあたり1, 2断面の画像データしか収集できず、心臓全体の画像を得るためには複数回の息止めが必要となる<sup>2), 3)</sup>。また、息止め検査の場合には、実際にデータを収集する時間だけでなく、息止め間の休憩やアナウンスなど付随する時間も必要となる。このように、息止め下での検査では、検査時間の延長や患者負担の増加、息止め再現性の不良や息止め失敗による画質低下が問題となってきた。今回、シーメンス社製MRIにおける新技術として、高速撮像法であるCSとmotion correctionを併用した新たな自由呼吸下シネMRI「FBCS cine MoCo」が開発された。自由呼吸下シネMRI検査における検査時間の短縮と画質向上が期待される。CSに関する詳細な説明は本稿では割愛させていただくが、少数のランダムサンプリングされたデータから本来の画像に近い高画質な画像を再構成する高速化技術の一つであり<sup>4)</sup>、すでに実臨床においても広くその有用性が認められている技術である。

### FBCS cine MoCo

FBCS cine MoCoにおけるデータ収集、再構成法について解説する。①FBCS cine MoCoでは、1断面あたり12心拍分のデータを連続収集する。12心拍とした理由は、各断面のデータ収集の際に少なくとも一度は安静呼気位のデータを取得するためである。安静呼吸の場合

は吸気位よりも呼気位での静止時間が長くなるため、呼吸による位置変動の影響が少ない安定した画像を作成するためには、安静呼気位で複数のデータを取得することが重要となる。②取得された各心拍データは、まず一定のphase数(25 phases)に変換され、1心拍ごとにCS再構成でシネ画像を作成し、同一断面に対して12個のシネ画像が作られる。③続いて、呼吸や体動に伴う心臓の位置変動をランク付けするために、各心拍画像の1 phaseと25 phaseの差分画像を作成する。心拍動は約1秒の短周期で規則的な運動を繰り返しているため、各画像の1 phaseと25 phaseはいずれも拡張末期に等しく、心臓の形態はほぼ変わらないと考えられる。1心拍中に呼吸などの動きが入った場合、同じ形の心臓で差分画像を作成しているにもかかわらず、画像データとしては大きな違いとなるのである。④この方法で、呼吸などによる位置変動が少ない5心拍分のデータが自動で選択され、非剛体レジストレーションを行い、最終的なシネ画像が作成される(図1)。ちなみに、平均RR間隔から2SD以上外れた不整脈時の心拍データは自動で除外される。

われわれの正常ボランティアでの従来法複数回息止めシネとの比較初期検討において、両心室機能評価、定性・定量的な画質評価にいずれも有意差は認めず、検査時間は短縮する結果となった(図2)<sup>5)</sup>。過去の自由呼吸下CSシネMRIの検討<sup>6)</sup>と比較して、画質定性評価の改善、検査間誤差の縮小などを認