

## II MRIのストラテジー&アウトカム

# 6. 心臓MRIの技術進歩と 臨床にもたらす影響 ——心臓MRIの適応と有用性 【河内総合病院】

循環器科

市川

稔

放射線部

前田

年彦/向井 正弘

近年、心臓MRIは装置や撮像法などの急速な進歩により、循環器診療の臨床現場において一部はルーチン検査として使用されている。心臓MRIでは、左室および右室の心機能解析、遅延造影MRIによる梗塞心筋巣の検出や心筋バイアビリティの評価、さらには虚血性心筋症と非虚血性心筋症の鑑別診断にも有用である。

本稿では、日常循環器臨床における心臓MRIならではの有用性、および今後の可能性について症例を提示し、循環器科医の立場から述べたい。

### 心臓MRIと他の検査の 使い分け

64列CTが多くの施設で使用され、冠動脈造影(CAG)前に短時間で非侵襲的に狭窄の有無を診断することが可能となった。マルチスライスCT(MDCT)により、形態異常をはじめ狭窄に対してもかなりのレベルで検出精度は上がっていると考えられる。その一方で、MDCTでは重度の石灰化病変の場合、アーチファクトにより血管内腔を評価できないことが多い。また、どうしても回避できない問題点として、造影剤の使用と被ばくが挙げられ、また、他の検査法に比べ、心機能や心筋の血流評価では確立された検査法とは言い難い。

一方、MRIにおいては、冠動脈の評価にはまだまだ検討の余地があるものの、被ばくがなく、再現性が良いため、心機能評価や経過観察には有用な検査法で

ある。例えば、心筋梗塞後で局所の壁運動異常が存在する場合には、心エコーや左室造影のように2方向からの左室機能評価には限界がある。この点で、MRIは再現性良く評価できる。さらに、MRIでは、左室の壁厚や左室の心筋重量も同時に計測可能である。最近では、American Heart Association(AHA)のガイドラインでも、ステント留置直後であっても安全性に問題なく撮像可能であるとされているが<sup>1)</sup>、問題点としては、心臓ペースメーカー植え込み患者には禁忌であることが挙げられる。

### 当院における心臓MRIの 適応となる疾患 ——診断と予後評価

#### 1. 心機能評価

心機能の評価は、心エコー機器の進歩に伴い、かなりの部分をそれで評価可能であるが、患者の体型や解剖学的な異常が存在する場合には描出に限界がある。この場合、左室はもちろん、右室の機能評価に再現性の良いMRIが有用である。

#### ■症例1：心不全患者における 薬物治療の効果判定

62歳、女性。糖尿病無治療であり、下肢edema(浮腫)を主訴に入院となった。来院時の胸部単純X線画像では、胸水および肺うっ血が著明であった(図1a)。心エコー上、全周性に左室の壁運動異

常が見られ、EF(左室駆出率)が約25%に低下しており、BNP(脳性ナトリウム利尿ペプチド)値も2700と高値であった。この低左心機能患者にβブロッカー(Carbedilol)を投与した後の左心機能を評価するため、薬物投与前後でMRIを施行し心機能を計測した(表1)。一方で、低左心機能の原因に虚血の関与が否定できないため、治療経過中にCAGを施行したが、有意狭窄は認めなかった(図1c, d)。本例では、3か月後の薬物治療による劇的な心機能改善効果をMRIで評価することができた。

#### 2. 心筋バイアビリティ(虚血) 評価

最近になり、心筋SPECTと比較して、遅延造影MRIが心筋バイアビリティの評価に有用であることが明らかになってきた。心筋梗塞後症例で冠動脈に狭窄を有する場合、正確な心筋バイアビリティの把握は、血行再建術の検討に不可欠である。

#### ■症例2：虚血が誘因の心不全 患者における心筋バイ アビリティ評価および 効果判定

61歳、男性。他院で、急性心筋梗塞のため経皮的冠動脈インターベンション(percutaneous coronary intervention: PCI)を施行し、左前下行枝および対角枝それぞれにステントが留置された。全身edemaと呼吸苦を主訴に入

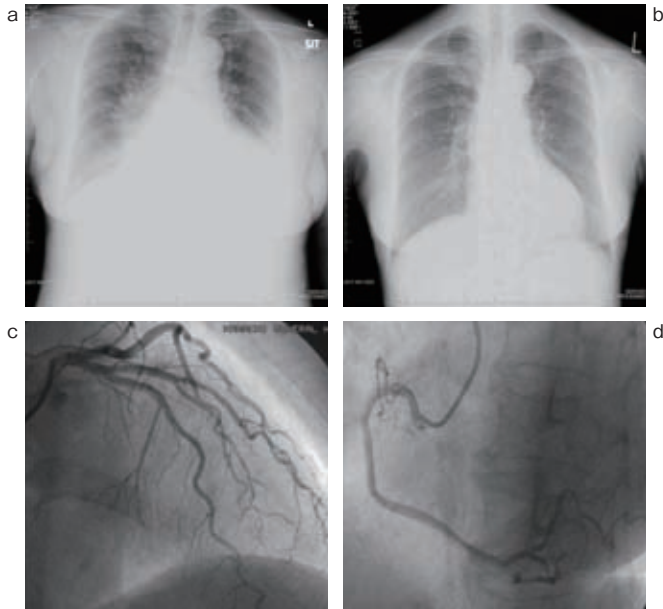


図1 症例1:心不全患者における薬物治療の効果判定(62歳,女性)

- a: 胸部単純X線画像。来院時には胸水および肺うっ血が著明であった。
- b: 胸部単純X線画像。退院時には胸水, 肺うっ血は消失した。
- c: CAG。左冠動脈に有意狭窄なし。
- d: CAG。右冠動脈に有意狭窄なし。

表1 症例1の心臓MRIによる心機能計測結果

	急性期	慢性期
拡張末期容量 (EDV)	147.9mL	87.5mL
収縮末期容量 (ESV)	111.0mL	35.1 mL
1 回拍出量 (SV)	36.9mL	52.4mL
毎分拍出量 (CO)	2.73 L/min	3.14 L/min
心係数 (CI)	1.97 L/min/m <sup>2</sup>	2.28L/min/m <sup>2</sup>
駆出率 (EF)	25.0%	59.9%
心壁重量	146.1 g	107.0g
最大充填速度 (PFR)	326.5mL/s	297.1 mL/s
最大駆出速度 (PER)	173.0mL/s	316.6mL/s
R波～収縮末期 (TES)	432ms	400ms
R波～最大駆出 (TRE)	162ms	200ms
R波～最大充填 (TPF)	703ms	933ms
身長	153.0 cm	153.0 cm
体重	45.0kg	44.0kg
体表面積 (BSA)	1.39m <sup>2</sup>	1.38m <sup>2</sup>
心拍数 (HR)	74.0bpm	60.0bpm

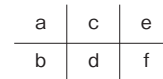
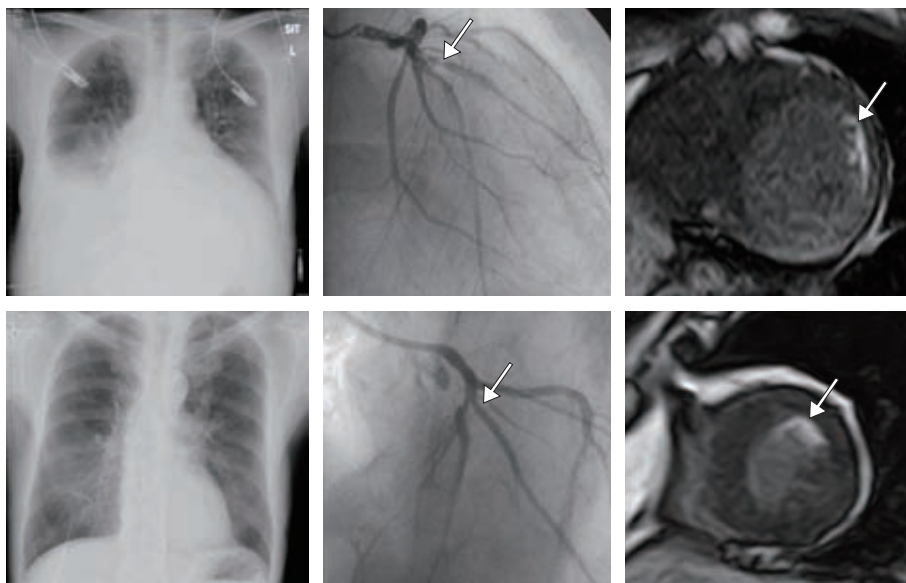


図2 症例2:虚血が誘因の不全患者における心筋バイアビリティ評価および効果判定(61歳,男性)

- a: 胸部単純X線画像。来院時には胸水および肺うっ血が著明であった。
- b: 胸部単純X線画像。退院時には胸水, 肺うっ血は消失した。
- c: CAG。対角枝のステント内に99%の有意狭窄あり(⇐)。
- d: PCI後のCAG
- e: 遅延造影MRI。対角枝領域の前側壁の内膜下に遅延造影を認めるが, 外膜側には遅延造影を示さない残存心筋があり, 心筋バイアビリティは保たれていると考えられる(⇐)。
- f: 遅延造影MRI。慢性期には, 遅延造影の領域が減少しており心筋バイアビリティが改善した(⇐)。

院となり, 来院時の胸部単純X線画像(図2 a)にて, 胸水および肺うっ血が著明であった。心エコー上, 全周性に左室の壁運動異常があり, EFが約20%に低下し, BNP値も4710と高値であった。心不全の軽快後, 心機能低下の原因に虚血の関与が否定できないため, CAGを施行し, 対角枝のステント内に99%の有意狭窄を認めた(図2 c)。

血行再建術の適応の評価のため, 遅延造影MRIを施行し(図2 e), 心筋のバ

イアビリティを評価した。残存心筋は存在すると判断し, PCIを施行した(図2 d)。その後, 慢性期に再度遅延造影MRI(図2 f)を施行して, 心機能を再評価し, 改善していることを確認した(表2)。本例では, 遅延造影MRIにより心筋バイアビリティを評価し, 血行再建術の適応を判断することができた。

遅延造影MRIは, 心筋梗塞患者における局所心筋のバイアビリティ評価だけでなく, 心エコーやSPECTで評価困難

であった小さな心内膜下梗塞や小梗塞を描出できる点で診断価値が高い。特に, 臨床現場で議論となる心筋バイアビリティ評価に関しては, 陳旧性心筋梗塞の場合には, 壊死心筋が左室壁厚の50%以上であったり, 残存心筋の壁厚が4mm以下であると, 血行再建による心機能改善が見込めない<sup>2)</sup>。また, 造影剤の壁内の深達度が浅い場合は, 血行再建により高率に心機能が回復する<sup>3)</sup>という報告があり, 遅延造影MRIによる評価は

表2 症例2の心臓MRIによる心機能計測結果

	急性期	慢性期
拡張末期容量 (EDV)	181.0mL	72.8mL
収縮末期容量 (ESV)	144.3mL	43.9mL
1回拍出量 (SV)	36.7mL	28.9mL
毎分拍出量 (CO)	2.46L/min	2.40L/min
心係数 (CI)	1.52L/min/m <sup>2</sup>	1.56L/min/m <sup>2</sup>
駆出率 (EF)	20.3%	39.7%
心壁重量	214.6g	164.8g
最大充滿速度 (PFR)	171.7mL/s	342.9mL/s
最大駆出速度 (PER)	356.1mL/s	343.1mL/s
R波～収縮末期 (TES)	299ms	258ms
R波～最大駆出 (TRE)	239ms	52ms
R波～最大充滿 (TPF)	836ms	465ms
身長	160.0cm	162.0cm
体重	60.0kg	52.0kg
体表面積 (BSA)	1.62m <sup>2</sup>	1.54m <sup>2</sup>
心拍数 (HR)	67.0bpm	83.0bpm

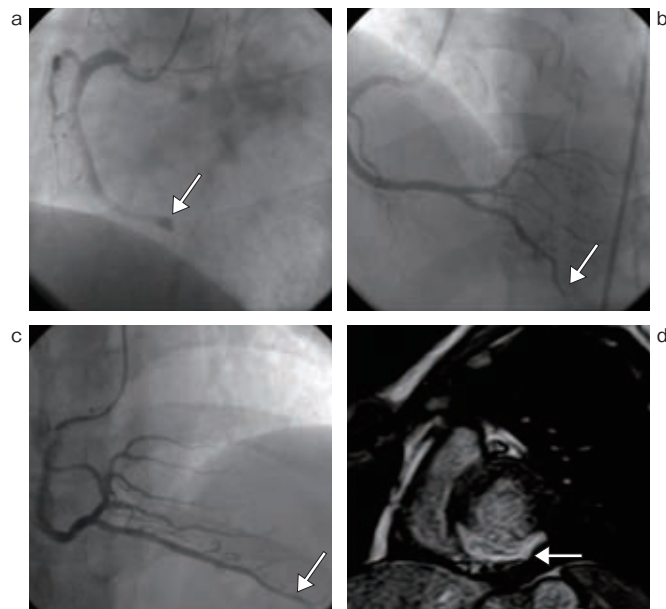


図3 症例3：急性心筋梗塞後の予後評価 (36歳, 男性)

- a: CAG。右冠動脈#3領域に完全閉塞を認めた(↓)。  
 b: スtent留置後のCAG。#4PD末梢に、塞栓像と造影の遅延を認めた(↓)。  
 c: 第3病日のCAG。#4PD末梢の血流は改善した(↓)。  
 d: 遅延造影MRI。後下壁の貫壁性梗塞の周辺部に遅延造影と、その中心部(⇔)にはmicrovascular obstructionを認め、造影剤が到達しない。

重要と考えられる。

### 3. 急性心筋梗塞後の急性期再灌流後の評価

われわれは、急性心筋梗塞の患者に対してPCIを施行しているが、ごくまれに再灌流し、stentを留置しても末梢の造影遅延や閉塞を認めることがある。この場合、末梢塞栓に伴う微小循環障害を合併しており、予後不良と推測される。このような、心筋への血流回復が十分に得られない、心筋組織の毛細血管が破綻して心筋組織への血流が失われた状態は、microvascular obstructionと呼ばれている。これは、遅延造影MRIでは梗塞巣にはほとんど造影されず、辺縁のみに造影効果を認める。このmicrovascular obstructionの存在は予後不良であり、心事故の発生率が高いと言われている<sup>4)</sup>。

#### ■症例3：急性心筋梗塞後の予後評価

36歳、男性。生来健康であり、喫煙歴(40本/日×16年間)があった。下壁の急性心筋梗塞を発症し、緊急CAG

を施行した。CAGにて、右冠動脈#3領域に完全閉塞を認めたため(図3 a)、PCIを施行した。

病変に血栓が多量に存在したため、血栓吸引後に末梢の保護(distal protection)デバイスの使用を検討したが、病変のすぐ末梢側に大きな分枝があるため断念した。stent留置後のCAGでは、病変の一番近傍の枝(#4PD)の末梢に、塞栓像と造影遅延を認めた(図3 b)。第3病日に胸痛が出現したため、再度CAGを施行したところ、末梢の血流は改善しており造影遅延は認めなかった(図3 c)。

しかし、急性期の遅延造影MRIでは、後下壁の貫壁性梗塞の周辺部に、遅延造影とその中心部に造影不良の低信号領域を認めた(図3 d)。本例では、microvascular obstructionの存在により局所の心筋の機能的予後不良と判断でき、今後嚴重なフォローアップが必要であると考えられた。

◎

以上のように、心臓MRIは多岐にわたり非常に有用な検査である。特に、心筋疾患の病態把握や、虚血性心疾患の

治療方針決定および予後評価には有用である。今後、循環器臨床においてますます需要が高まると考えられる。

#### ●参考文献

- 1) Levine, G.N., et al. : Safety of magnetic resonance imaging in patients with cardiovascular devices ; An American Heart Association scientific statement from the Committee on Diagnostic and Interventional Cardiac Catheterization, Council on Clinical Cardiology, and the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention — Endorsed by the American College of Cardiology Foundation, the North American Society for Cardiac Imaging, and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *Circulation*, **116**, 2878~2891, 2007.
- 2) Ichikawa, Y., et al. : Late gadolinium enhanced MR imaging in acute and chronic myocardial infarction ; Improved prediction of regional myocardial contraction in chronic state by measuring thickness of non-enhanced myocardium. *J. Am. Coll. Cardiol.*, **45**, 901~909, 2005.
- 3) Choi, K.M., et al. : Transmural extent of acute myocardial infarction predicts long-term improvement in contractile function. *Circulation*, **104**・10, 1101~1107, 2001.
- 4) Wu, K.C., et al. : Prognostic significance of microvascular obstruction by magnetic resonance imaging in patients with acute myocardial infarction. *Circulation*, **97**・8, 765~772, 1998.