

# AMCoR

Asahikawa Medical University Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

日本医師会雑誌（2013.06）142巻特別号1:S149～154.

## 【高血圧診療のすべて】

高血圧性臓器障害-どこまで評価するか？

心エコーとMRIによる高血圧性心疾患(HHD)の評価

長谷部 直幸, 坂本 央, 赤坂 和美

# 心エコーとMRIによる高血圧性心疾患(HHD)の評価

Echocardiography and cardiac MRI for assessment of hypertensive heart disease

長谷部直幸 | 坂本 央 | 赤坂和美  
Naoyuki Hasebe | Naka Sakamoto | Kazumi Akasaka

## 対象病態と適応

高血圧性心疾患(hypertensive heart disease ; HHD)は、形態的には左室肥大(left ventricular hypertrophy ; LVH)、機能的には左室拡張能障害(left ventricular diastolic dysfunction)を主体とする病態である。

心エコー図検査と心MRI検査は、これら形態と機能の変化を的確に捉えうる代表的な検査法である。心エコー図検査は簡便性に優れ、HHDのスクリーニングと経過観察に不可欠な検査である。一方、心MRI検査は装置を必要とするものの、精度と再現性に優れ、心筋性状の診断に極めて有用である。

高血圧による持続的圧負荷がもたらす求心性肥大が左室拡張能障害の本態である。心血管イベントの発症はLVHの進行とともに増加、退縮とともに減少し、LVHは高血圧患者の独立した予後規定因子でもある。一方、心室壁肥厚は相対的心筋虚血をもたらし、心筋内小血管周囲の線維化と相まって冠予備能の低下を助長する。加えて、高血圧は冠動脈硬化を促進する最大要因でもあり、高血圧性肥大心は常に心筋虚血の危険に曝されているともいえる。

“左室駆出率(ejection fraction ; EF)の保たれた心不全(heart failure with preserved EF ; HFPEF)”，いわゆる拡張性心不全が高血圧性肥大心にみられる代表的な病態である。拡張性心不全は収縮性心不全とほぼ同等の予後を示し、高齢化とともに増加する病態でもある。わが国の多施設共同前向き登録観察研究であるJCARE-CARD研究では、EF 50%以上の

HFPEFの高血圧合併率は68%と高率であった。HHDの診療において、左室拡張能の評価はLVHの評価と同等に重要であり、非侵襲的な拡張能評価法として心エコー図検査の果たす役割は大きい。

高血圧診療では、経時的変化の評価も重要である。高血圧症例の心エコー図検査の適応について、「循環器超音波検査の適応と判読ガイドライン」では、心エコー図検査または心電図でLVH所見を認める場合のフォローアップを「Class I」としている。心電図でLVH所見を認めない場合、①左室壁肥厚の有無・程度の評価、②左室収縮能、左室拡張能の評価が「Class IIa」である。メタボリックシンドロームや糖尿病・慢性腎臓病(chronic kidney disease ; CKD)を伴う場合、正常高値血圧であっても中等リスク、高リスクであり、早期に心エコー図検査を用いたスクリーニングを行うべきである。

心MRI検査の進歩は目覚ましいが、HHDにおける統一的な評価方法は確立されていない。しかし、心MRIによる形態的診断や機能的診断は心エコー図に比して精度と再現性に優れ、組織性状の診断が可能であることから、LVHを示す他の心筋疾患との鑑別診断における有用性が高く、今後、さらに大きな役割を担うことが期待される。

## 検査法の特徴

心エコー図検査は簡便性に優れている。従来、左室壁厚の計測には断層エコー図ガイド下Mモード法が用いられてきたが、最近の装置では断層法の解像度が改善され、直接計測が可能に

V

高血圧性臓器障害

——どこまで評価するか？



なっており<sup>1)</sup>、任意方向の M モードを表示する機能も利用できる。

組織ドプラ法は心臓の壁などの動きに由来するドプラ信号を表示するものである。僧帽弁輪運動速度などを計測するパルス組織ドプラ法は左室拡張能の評価に用いられており、カラー組織ドプラ法は局所心筋壁運動の評価に用いられている。

心 MRI 検査は心筋組織性状の情報が得られる点に大きな特徴があり、LVH を呈する他疾患との鑑別に有用である。

## 評価法

心 MRI 検査では、短軸像で心基部から心尖部の面積を加算する Simpson 法を用いて、EF、左室拡張末期容積、左室収縮期容積、左室心筋重量などのほか、右室心筋重量などの右心系評価も可能であり、高血圧心の形態・機能評価が可能である。しかし、簡便性の点では心エコー図検査が優れており、一般臨床ではおもに心エコー図検査によって形態・機能評価がなされる。

### 1 左室壁厚

心室拡張末期に計測した心室中隔厚 (interventricular septal thickness in diastole ; IVSd) と左室後壁厚 [left ventricular posterior wall thickness in diastole ; LVPWd (PWd)] で、一般的に壁厚 12 mm 以上を LVH とする。相対的壁厚 (relative wall thickness ; RWT) は以下の式から求められ、0.42 以下が正常基準値である。

$$RWT = (2 \times PWd) / LVDd$$

[LVDd : left ventricular end-diastolic dimension (左室拡張末期径)]

### 2 左室心筋重量

左室心筋重量は、断層エコー図ガイド下 M モード法で Devereux らの以下の式から求められる。

$$\text{左室心筋重量} = 0.8 \times \{1.04[(IVSd + LVDd + PWd)^3 - (LVDd)^3]\} + 0.6$$

(IVSd : 心室中隔厚, LVDd : 左室拡張末期径,

PWd : 左室後壁厚)

しかし実際には、本法では誤差が大きいため、断層法による計測法 (area-length 法と truncated-ellipsoid 法) が推奨されている<sup>1)</sup>。左室心筋重量係数 (left ventricular mass index ; LVMI) ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) は左室心筋重量を体表面積で補正した値であり、リニア法で男性  $115 \text{ g}/\text{m}^2$ 、女性  $95 \text{ g}/\text{m}^2$ 、断層法で男性  $102 \text{ g}/\text{m}^2$ 、女性  $88 \text{ g}/\text{m}^2$  がカットオフ値とされている<sup>1)</sup>。

### 3 肥大形態

左室形態は、LVMI と RWT により 4 つの型に分類される。①両者ともに正常、② LVMI は正常で RWT が増大している求心性リモデリング、③ LVMI は増大しているが RWT は正常である遠心性肥大、④両者ともに増大している求心性肥大の 4 群である。

一般的に、圧負荷によって求心性肥大、容量負荷によって遠心性肥大をきたす。求心性肥大は末梢血管抵抗が最も高く予後不良であり、遠心性肥大では LVDd が大きく、求心性リモデリングでは心拍出量は低下傾向で圧負荷に適應している。

### 4 左室拡張能と左室充満圧 (図 1)

一般的に、左室拡張能障害の進行とともに左室充満圧も上昇するが、これら进行评估する単一の心エコー図検査の指標はなく、重症度は複数の指標から総合的に評価する<sup>2)</sup>。

左室拡張能は拡張早期の僧帽弁輪運動速度 ( $e'$ ) により評価できる。中隔側  $e'$  は  $8 \text{ cm}/\text{s}$  以上、側壁側  $e'$  は  $10 \text{ cm}/\text{s}$  以上が正常とされる。また、左室流入血流速波形の E 波高と  $e'$  の比 ( $E/e'$ ) は、左室充満圧 (平均左房圧) と相関することから臨床で広く用いられている。中隔側  $e'$  を用いた場合、 $E/e'$  は 8 未満で正常である。

左室充満圧は、EF が低下している場合と保持されている場合に分けて考える。EF 低下例では、左室充満圧は左室流入血流速波形の拡張早期波高 (E) と心房収縮期波高 (A) の比 ( $E/A$ ) と相関するため、 $E/A$  が 2 以上であれば左房圧上昇と考える。 $E/A$  が 1 ~ 2、 $E/A$  が 1 未満で



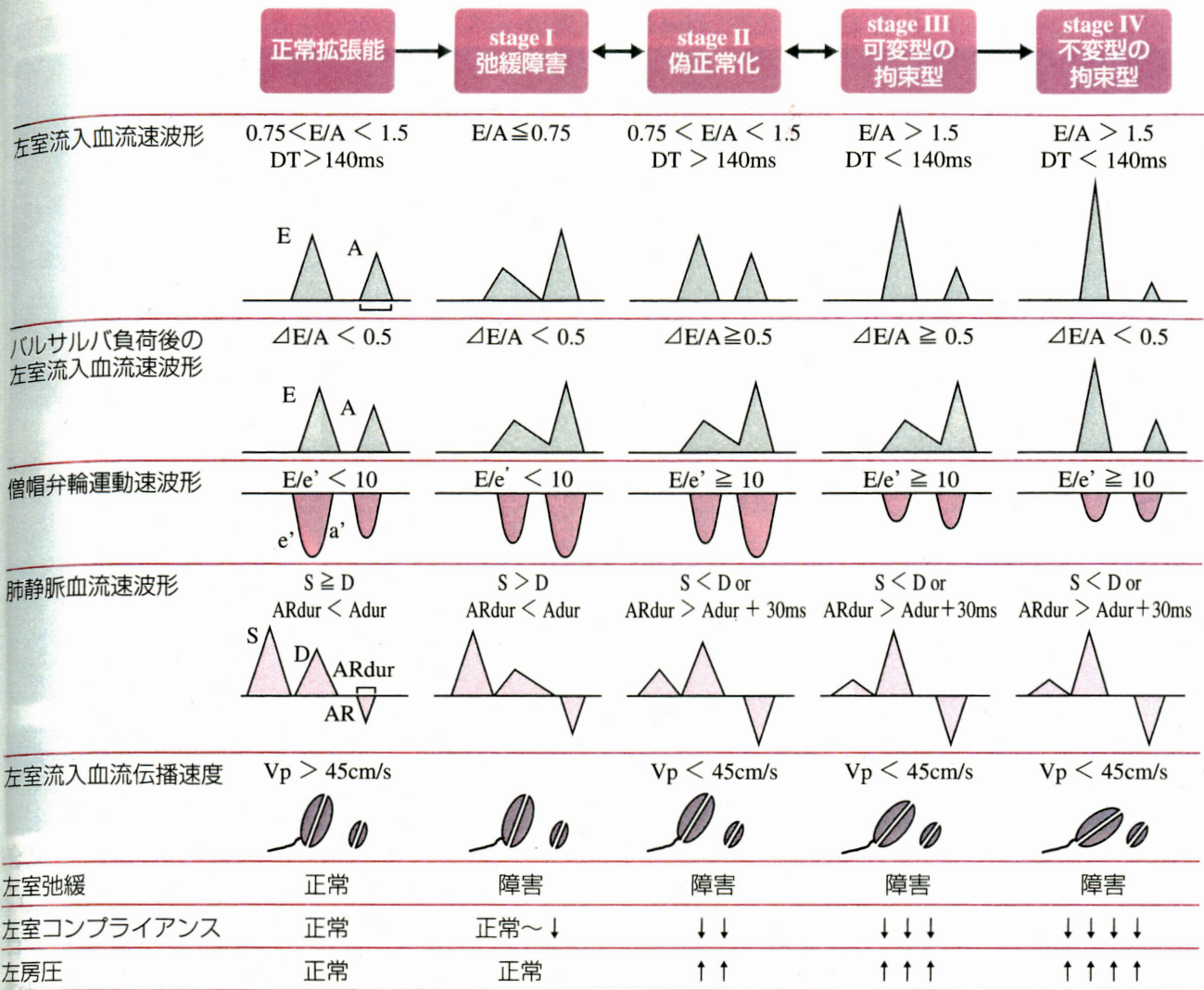


図1 左室拡張能評価

E: 拡張早期波, A: 心房収縮期波, Adur: A波持続時間, DT: 拡張早期波減速時間,  $\Delta E/A$ : バルサルバ負荷時 E/A の負荷前 E/A に比しての減少, e': 拡張早期波, a': 心房収縮期波, S: 収縮期波, D: 拡張期波, AR: 心房収縮期逆行波, ARdur: 心房収縮期逆行波の持続時間, Vp: 左室流入血流伝播速度.

(Redfield MM, et al: JAMA 2003; 289: 194-202より改変)

あるが、E波高が 50 cm/s 以上の場合は、 $E/e'$  や肺静脈血流速度波形の収縮期波高 / 拡張期波高、推定肺動脈収縮期圧などを参考に左室充満圧上昇の有無を判断する。EF が保たれている例では、 $E/e'$  が中隔で 15 以上、側壁で 12 以上もしくは中隔と側壁の平均値で 13 以上であれば左室充満圧上昇を考える。 $E/e'$  が 8 ~ 15 のグレーゾーンでは、左房容積係数(left atrial volume index; LAVI)や肺静脈血流速度波形の心房収縮期逆行波持続時間と左室流入血流 A 波持続時間の差、バルサルバ負荷時の E/A の変化、推定肺動脈収縮期圧などを参考に評価される。ドプラの血流速度や時相解析は計測時の充満圧を

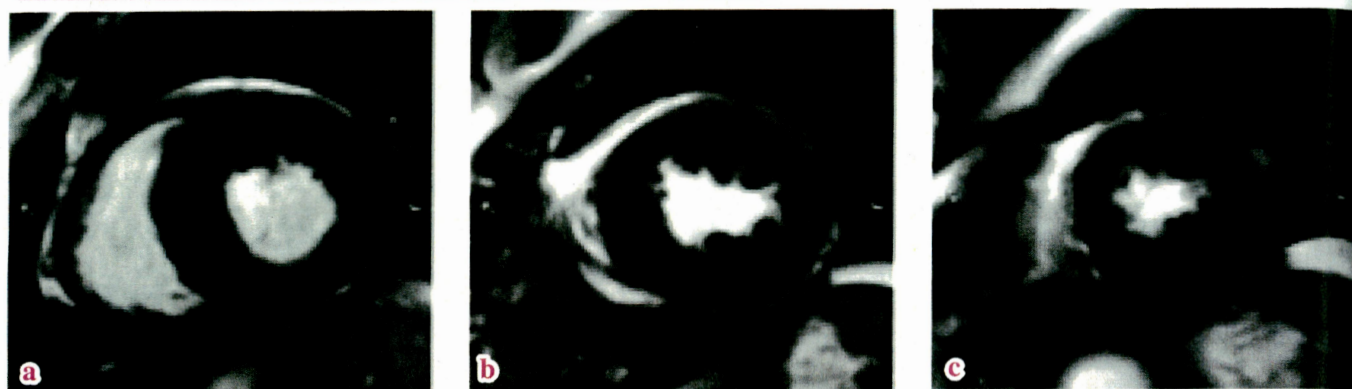
反映するが、左房容積は時間経過とともに累積する充満圧の影響を反映するため、LAVI の評価は臨床的に重要である。心血管イベントは左室充満圧の上昇とともに増加し、左房拡大との間にも密接な関係が指摘されている。すなわち、左房拡大を捉えることは、HHD の臨床において重要なポイントである。

cine MRI 検査でも、心周期内のすべての短軸像のトレースから求めた時間体積変化曲線をもとに、拡張能評価が可能である。

### 5 組織性状と鑑別

近年、非虚血性心筋疾患においても、ガドリニウム(Gd)造影 MRI 検査によって心筋線維化





**図2** 高血圧性心疾患

症例は、67歳、男性。解説は本文参照のこと。

などの心筋障害部位に一致して遅延造影(late gadolinium enhancement ; LGE)を認めることが報告され、HHD と他の心肥大を示す心筋疾患との鑑別に、LGE の性状や好発部位の違いが極めて有用である。また、T2強調画像では炎症や浮腫の部位が高信号部位として描出されるため、Gd 造影MRIの併用で心筋炎や心サルコイドーシスなどの鑑別診断に有用である。

### (1) HHD

HHD では左室の対称性肥大を示すことが多く、局所の壁運動異常を認めない。LGE は認めないことが多いが(図2)、求心性肥大が高度の高血圧心や大動脈弁狭窄症例では、心内膜側を含まない局所のLGEを認めることがあり<sup>3)</sup>、長期にわたる圧負荷による心筋壊死を反映していると考えられている。

### (2) 肥大型心筋症 (HCM)

肥大型心筋症(hypertrophic cardiomyopathy ; HCM)では、非対称性中隔肥厚や左室心尖部肥

大を認める。LGE は約75%の症例に認められ、心室中隔、左室前壁、特に右室と心室中隔の接合部が好発部位である(図3a, b)。LGE は病理学的線維化領域に一致しており、心臓死および全死亡の独立したリスク因子とされている<sup>4)</sup>。心筋中層に斑状に認めることが多いが、線維化が進行して菲薄化を伴う部位は貫壁性のLGEを認める(拡張相肥大型心筋症)。

### (3) 心Fabry病

心Fabry病は、 $\alpha$ -ガラクトシダーゼA活性の遺伝的欠損により生じるスフィンゴ糖脂質代謝異常症である。左室の対称性肥大を呈することが多いが、進行とともに壁運動は低下し、左室基部後側壁の菲薄化する例が多い。同部の心筋中層に好発するLGEは約50%の症例に認められる(図3c, d)。これはスフィンゴ糖脂質の心筋細胞内蓄積のみではなく、間質の増生を反映する<sup>5)</sup>。



肥大型心筋症

心ファブリー病

心アミロイドーシス

心サルコイドーシス

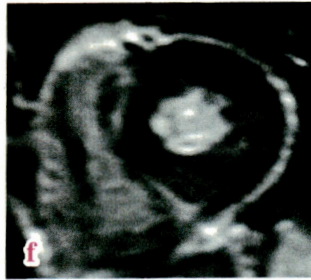
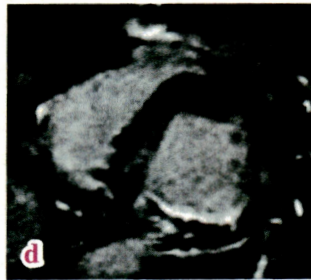
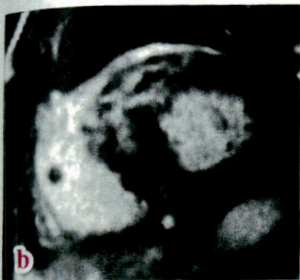
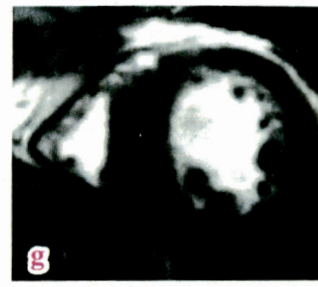
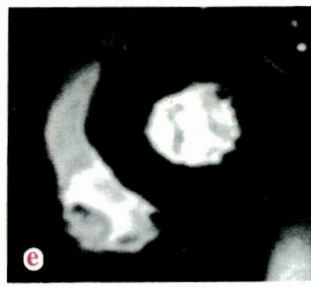
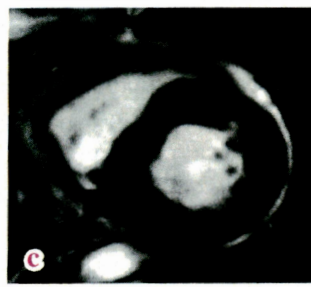


図3 各種肥大心の MRI 所見比較

左室基部短軸像(上段: cine MRI 所見, 下段: Gd 遅延造影 MRI 所見).  
解説は本文参照のこと.

#### (4) 心アミロイドーシス

心アミロイドーシスでは, 左室の対称性肥大を呈することが多く, 右室肥大を伴うことも多い. LGE は両室心内膜下を中心に認め, アミロイド蛋白の組織学的分布と一致する. 乳頭筋を含む左室心筋広範に LGE を認めること (white heart) もある (図 3e, f).

#### (5) 心サルコイドーシス

心サルコイドーシスの炎症活動期には, 浮腫や類上皮細胞肉芽腫により心室壁が肥厚し, 線維化が進行すると局所的な心室壁菲薄化・心室瘤形成を伴うこともある. LGE は線維化と肉芽腫性炎症に伴う浮腫を反映し, 心基部の心室中隔と左室側壁が好発部位である (図 3g, h). また, 脂肪抑制下の T2 強調画像では炎症や浮腫の部位は高信号域として描出され, LGE 所見との併用により他の LVH 心との鑑別に有用である.

#### (6) スポーツ心

スポーツ心 (athlete's heart) は対称性 LVH を示し, 左室壁厚は通常 13 mm 程度であり, 最大でも 15 mm 程度に留まる. 左室収縮能, 左室拡張能はともに保たれている. 通常, LGE は認めない.

### 施行上の留意点

心エコー図検査における拡張能の指標として  $e'$  は有用であるが, 僧帽弁輪の運動速度であるだけに, 僧帽弁輪石灰化, 僧帽弁狭窄症, 僧帽弁位の人口弁などでは低下し, 中等度以上の僧帽弁閉鎖不全症では増加するため, この値のみで左室拡張能を結論づけてはいけない. また, 加齢に伴う拡張能障害を反映して年齢とともに  $e'$  は低下するため, 高齢者においては年齢相応の変化なのか否かの判断も重要である.

心 MRI 検査は撮像時間が長く, 輸液ポンプなどを持ち込めない強磁場内での撮像であり, 頻回の息止めも反復するため, 重症の心不全患者には適応できない. ペースメーカー植え込み症例では, MRI は禁忌である. また, 重篤な腎機能障害のある症例では, 造影剤の Gd の使用によって腎性全身性線維症 (nephrogenic systemic fibrosis; NSF) が生じる危険があるため, 十分に留意する必要がある.

### 症例提示

67 歳, 男性. 10 年来の高血圧で通院中. 心エコー図検査 (カラー口絵「高血圧性心疾患



(HHD)の心エコー」 図 a, b)では, IVSd 15 mm, PWd 14 mm, LVMI 137 g/m<sup>2</sup>, RWT 0.61 と LVH を認めた. EF 65% と保たれており, 形態的には求心性肥大と判断される. 左室流入血流速波形は偽正常化であり(カラー口絵「高血圧性心疾患(HHD)の心エコー」 図 c), 組織ドプラ法での拡張早期の e' は中隔側で 4.8 cm/s と著しい拡張障害を認め(カラー口絵「高血圧性心疾患(HHD)の心エコー」 図 d), E/e' 15.4 と左房圧の上昇が示唆された. 心 MRI(図 2)では, 上段の cine MRI 左室短軸拡張末期像(a: 基部, b: 中部, c: 心尖部)で, 左室の対称性肥大を認める. 下段の Gd 造影(d: 基部, e: 中部, f: 心尖部)では, 遅延造影所見は認めず, 高血圧性肥大心として矛盾しない所見であった.

## 文 献

1) Lang RM, Bierig M, Devereux RB, *et al* :

Recommendations for chamber quantification : a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr* 2005 ; 18 : 1440-1463.

- 2) Redfield MM, Jacobsen SJ, Burnett JC Jr, *et al* : Burden of systolic and diastolic ventricular dysfunction in the community : appreciating the scope of the heart failure epidemic. *JAMA* 2003 ; 289:194-202.
- 3) Rudolph A, Abdel-Aty H, Bohl S, *et al* : Noninvasive detection of fibrosis applying contrast-enhanced cardiac magnetic resonance in different forms of left ventricular hypertrophy. *J Am Coll Cardiol* 2009 ; 53 : 284.
- 4) Bruder O, Wagner A, Jensen CJ, *et al* : Myocardial scar visualized by cardiovascular magnetic resonance imaging predicts major adverse events in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2010 ; 56 : 875.
- 5) De Cobelli F, Esposito A, Belloni E, *et al* : Delayed-enhanced cardiac MRI for differentiation of Fabry's disease from symmetric hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Roentgenol* 2009 ; 192 : 97.