

<特集 「心臓植込みデバイスの現状」>

## MRI 対応ペースメーカーの現状と問題点

石 橋 一 哉\*

社会福祉法人恩賜財団済生会京都府病院循環器内科

### Current Topics on Magnetic Resonance-conditional Pacemaker

Kazuya Ishibashi

*Department of Cardiovascular Medicine, Saiseikai Kyoto Hospital*

#### 抄 録

植込み型心臓デバイス（ペースメーカー、除細動器、両心室ペースメーカー）患者において、磁気共鳴画像（magnetic resonance imaging (MRI)）検査は従来より禁忌である。しかし、近年、ある一定の条件下ではあるが、MRI を安全に施行できるペースメーカー機種が登場した。

本稿では、

1. なぜペースメーカー植込み患者において MRI 検査は禁忌なのか？
2. 条件付き MRI 対応ペースメーカーとはどのようなものか？
3. MRI 対応ペースメーカー植込み患者に対する MRI 検査施行時の注意点、問題点とは？
4. MRI 対応ペースメーカーの今後の展開は？

などに関して言及し、MRI 対応ペースメーカーの現状、問題点、さらには今後の展望に関して考えてみたい。

キーワード：ペースメーカー、磁気共鳴画像、電磁干渉、磁場。

#### Abstract

Magnetic resonance (MR) scanning is generally contraindicated on patients with conventional cardiac electric implantable devices because of the risk of life-threatening interference with the devices. Recently, MR-compatible pacemakers have become available in Japan. However, there are many restrictions on performing MR studies in patients with these devices. Therefore, these devices are called MR-conditional pacemakers. In this paper, I overview the current trends, issues and future prospects on MR-conditional pacemakers.

**Key Words:** Pacemaker, Magnetic resonance imaging (MRI), Electromagnetic interference (EMI).

## はじめに

本邦でのペースメーカ植込みは年間約6万件で、そのうち新規植込みは約4万件であり、高齢化に伴い植込み数は年々増加している。これまで、ペースメーカ植込み患者の日常生活に関しては、デバイス植込み後もほぼ支障はなかったが、植込み後には磁気共鳴画像 (MRI) 検査を受けられないという大きなデメリットが存在していた。Sakakibaraらは、ペースメーカ植込み患者1597例を対象としたアンケート調査において、17.1%の患者が必要なMRI検査を受けられなかったと報告している<sup>1)</sup>。一方、これまでも、心臓デバイス植込み患者におけるMRI検査は、限定された条件下において危険を伴わないとする報告は多数あったが、「合併症がないことと安全であることとは同等ではない。」との観点から<sup>2)</sup>、ペースメーカ植込み患者におけるMRI検査は禁忌とされてきた。しかし、Wilkoffらは、多施設共同ランダム化比較試験において、MRIに対応した新しいペーシングシステムを導入してMRI検査を施行し、211例においてその安全性を報告した<sup>3)</sup>。その結果もふまえ、2012年10月より本邦でもMRI検査を施行できるペースメーカが認可された。これは条件付きMRI対応ペースメーカ (MR-conditional pacemaker) とよばれるものであり、2013年10月現在、3社 (Medtronic, St. Jude Medical, Biotronik) から発売されている。しかし、読んで字の如く、安全なるMRI検査を無条件に保証しているわけではなく、MRI検査の施行にあたっては厳しい条件が付いている。本稿では新しく登場したMRI対応ペースメーカの現状、問題点ならびに将来の展望に関して、私見もまじえて考えてみたい。

## MRI 検査とは？

強い静磁場をかけることにより人体に豊富に存在する水素原子<sup>1</sup>Hの核スピンの向きを揃わせ、歳差運動 (コマの首振り運動) を促す。その状態で一定の周波数のラジオ波 (RFパルス) を照射すると、共鳴現象が生じ、歳差運動の軸

が変化する。その後RFパルスの照射を中断することにより定常状態にもどし、その際に生じる組織間の回復過程 (緩和) の違いを利用して、画像化したものである。なお、MRI施行時には組織の位置情報を得るために、静磁場に加え、距離に比例した強度を持つ傾斜磁場をコイルからかけている。したがって、MRI検査がペースメーカに影響を及ぼす要因は、静磁場、傾斜磁場、RFパルスの3種ということになる (図1)。

## なぜMRI検査はペースメーカ植込み患者に禁忌なのか？

MRI検査施行時に発生する静磁場、傾斜磁場、RF磁場、それぞれがペースメーカに対してさまざまな悪影響を及ぼすことが知られており (表1)、これまでにペースメーカ植込み患者においてMRIと関連した死亡例も報告されている<sup>4)</sup>。

### 1. リードの発熱

最も懸念される合併症である。導電性のペーシングリードはアンテナとして働くため、RFパルスによって発生する磁力線をリードが吸収し、その結果、電極チップ近傍で発熱をきたし、心筋組織を損傷させる可能性が指摘されている<sup>5)</sup>。心筋が高度に焼灼されると心筋の浮腫や瘢痕化が生じ、刺激閾値の上昇によりペーシング不全をきたす可能性がある<sup>5-8)</sup>。なおRFパルスが人体に引き起こす渦電流のジュール熱は、単位重量あたりの熱吸収比 (SAR: specific absorption rate)によって評価される。つまり、SARが高いほどリードの発熱量も増加する可能性がある。またRF照射のisocenterの位置も発熱量と関連しており、isocenterをリードの中心部に設定すると、リードの発熱量が最大となるとされる<sup>9)</sup>。

### 2. 不必要な心筋刺激の発生

RFエネルギー及び傾斜磁場の影響で、リードおよびリード電極に電圧勾配が惹起され、電流が誘導される可能性がある。さらに、誘導電流がリード内を伝導すると意図しない心刺激 (unintended cardiac stimulation) が加わる可能性が指摘されている<sup>10)11)</sup>。もし連結期の短い期外刺激やupper rateを超える高頻度刺激が心筋

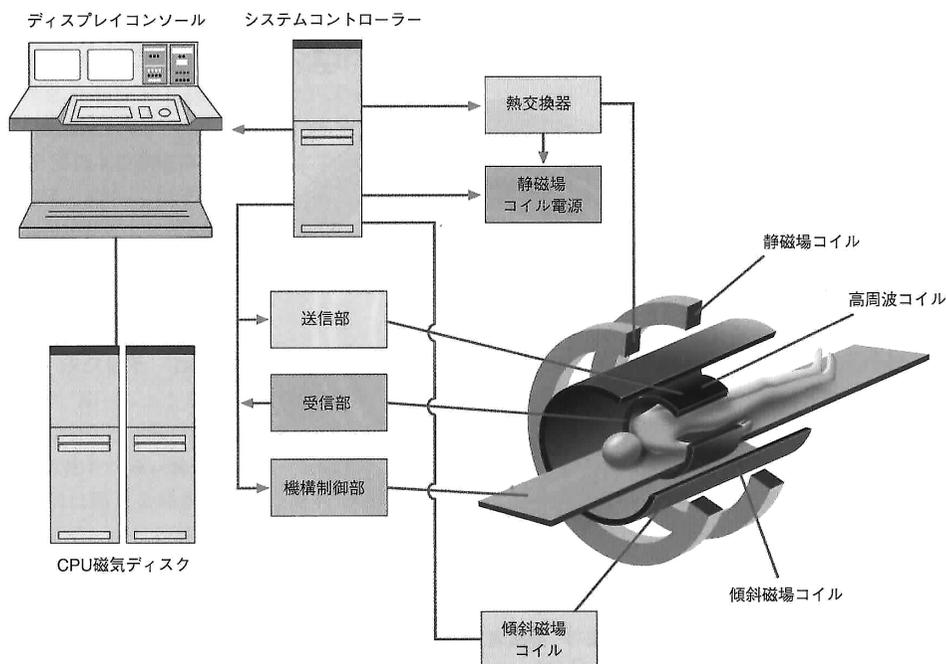


図1 MR装置の概要  
(文献23より許可を得て転載)

表1 MRがペースメーカーに及ぼす影響。

	リードの発熱	意図しない心刺激	デバイスの相互干渉
静磁場			●
傾斜磁場		●	●
RFパルス	●	●	●

に加わると、心室頻拍や心室細動といった致死性不整脈が惹起される可能性がある。なお傾斜磁場の変動強度は、単位時間あたりの磁場変動 (dB/dt) で表され、dB/dt が大きいほど、誘導電流が大きくなる。

### 3. 必要な刺激に対する抑制

傾斜磁場により誘導電流が生じた場合、誘導電流の極性次第ではペースングパルスが相殺されてキャンセルパルスとなり、必要なペースングがかからなくなる可能性が指摘されている<sup>12)</sup>。

### 4. 電磁波による相互干渉

電磁干渉の影響によりオーバーセンシングが

生じ、必要なペースングがかからなくなる可能性がある。一方、電磁干渉を抑えるため非同期モードとすると、刺激のタイミング次第では致死性不整脈が引き起こされる可能性がある<sup>13)14)</sup>。

### 5. ペースメーカーリセット及びリードスイッチの作動

ペースメーカーのリセットがMRI検査により引き起こされることが指摘されている。3 tesla のMRIでは16%に、1.5 teslaでは0.7%~6.1%がリセットされたとの報告がある<sup>15-17)</sup>。リセットにより非同期ペースングにプログラム変更されれば、心室頻拍や心室細動が誘発される可能

性がある。また、静磁場の影響を受けてリードスイッチが作動し、その結果MRI検査中にマグネットモードとなり、非同期固定レートに変更されたことが報告されている<sup>18)</sup>。しかし、リードスイッチは最近の機種においてほとんど採用されていない。

## 6. ペースメーカー本体及びリードへの変位力、トルク

強磁性体を多く含む機器は、強い静磁場や傾斜磁場によりトルクや振動などの力学的影響が加えられる可能性がある。したがって、MRI検査によりペースメーカー本体及びリードの変位が生じる可能性があるが、ペースメーカーシステムには、強磁性金属はほとんどなく、通常のMRI検査において影響はほぼないとされている<sup>15)16)18)</sup>。

## 7. 電池消耗

MRI施行時に回路内の電流が増加し、電池消耗が加速する可能性が指摘されている。しかし、実際に臨床上問題となることはほとんどない<sup>20)</sup>。

## 条件付きMRI対応ペースメーカーとはどのようなものか？

欧州では2008年より、米国では2011年よりMRIに対応したペースメーカーが発売され、本邦でも2012年10月よりMRI対応ペースメーカーが使用可能となった。2013年10月時点では、3社から発売されているが、これによりペースメーカー植込み後もMRI検査が施行できるようになった。心臓デバイス植込み症例において、50～75%の患者が一生でMRI検査を必要とする<sup>21)</sup>と推定している報告もあり<sup>21)</sup>、これらの患者には大きな福音となった。

MRI対応ペースメーカーは磁場ならびにRFパルスの影響を最小限にするため、本体およびリードに工夫がなされており、一定の条件下ではMRの悪影響を回避できるとされる。各社はMRの影響を最小限に食い止めるためのさまざまな細工をペースメーカー本体及びリードに施している。具体的には、Medtronic社製(Advisea MRI)においては、リード発熱を軽減するため、内部コイル導体を4本のフィラー(ワイヤ)か

ら2本に変更することによりRFの伝導を妨げ、発熱を抑制させている。これにより、発熱を従来のリードの60%にまで抑制できたとしている。また本体にも改良を加え、入力回路の最適化を図り、相互に干渉しない回路設計を施している。また、St. Jude Medical社製(Accent MRI)では、リード発熱を予防するため、リードチップ部分に発熱防止のためのリードフィルターが挿入されている。さらに、RFエネルギー及び傾斜磁場による誘導電流がリード内へ進入しないようにするために、フィルターボードが本体とヘッダーの間に挿入されている。Biotronik社製(Evia Pro MRI)においても強磁性体部品をほぼゼロ近くにしており、MRI検査に対応する回路設計を行っている。また、それぞれのペースメーカーの本体およびリードには、MRIが施行可能であることを示すX線不透過マークがついている(図2)。なお、平成25年10月時点では、single chamber(VVI, AAI)のMRI対応機種が使えるのはSt. Jude Medical社製とBiotronik社製である。

MRI検査の撮像範囲に関しては、Biotronik社製以外の機種においては全身のMRI検査が可能である。したがって、循環器領域においては、慢性ならびに進行性の心筋病変や血管病変を有する症例に対してMRI対応ペースメーカーが有用であると思われる。我々は、房室ブロックを伴う心サルコイドーシス症例に対して、MRI対応ペースメーカーを植え込むことにより、ステロイド治療後の心筋病変の活動性をMRIにて評価しえた症例を報告した<sup>22)</sup>。我々の検討では、ペースメーカー植込み下の心臓MRI検査において、画像の質は、撮影条件の制限にもかかわらず十分に維持されていた。さらに、ペースメーカー本体によるアーチファクトは画像診断上問題にはならず、ペースメーカーリードによるアーチファクトの走行を追うことにより、リードの先端と心筋病変の位置関係を正確に把握することが可能であった(図3)。

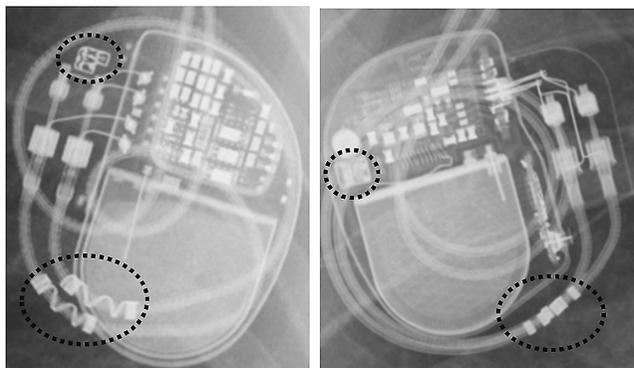


図2 条件付きペースメーカーの本体及びリード（自験例）。  
 左：Medtronic 社製（Advisa MRI），右：St. Jude Medical 社製（Accent MRI）  
 MRI 対応ペースメーカーであることを示す X 線不透過マークがついている。（点線囲み）

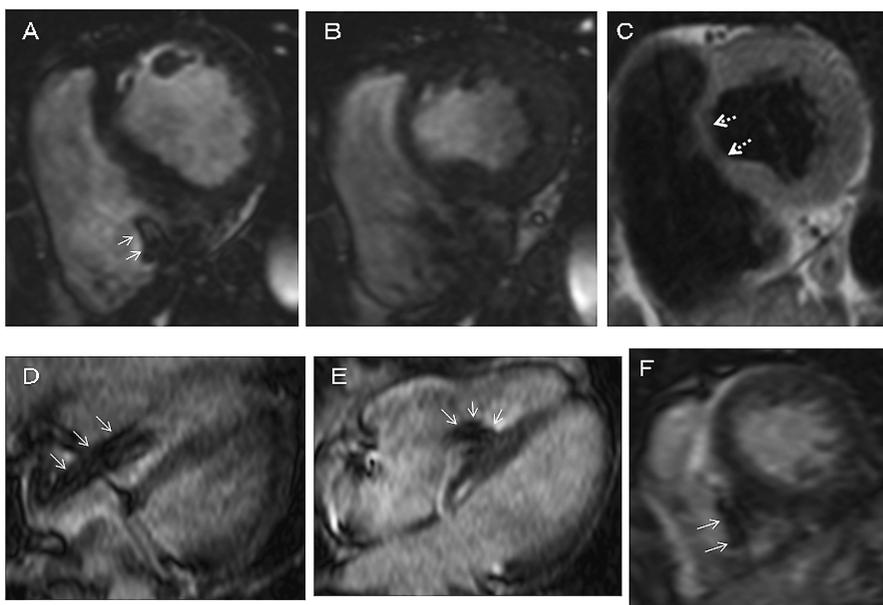


図3 ペースメーカー植込み下の心臓 MRI 画像（自験例）。  
 (A), (B): Cine imaging (拡張末期及び収縮末期), (C): T2-weighted imaging with dark blood preparation and fat suppression, (D), (E), (F): Inversion recovery fast field echo.  
 菲薄化した心室中隔 (点線矢印) が収縮期において右室側にやや突出しており, dyskinesia を示している。また, 実線矢印が示すように, 心腔内のペーシングリードの走行を追跡することができ, 心室リードの先端が右室中隔中部に位置していることが確認できる。(文献 22 より転載)

## MRI 対応ペースメーカー植込み患者に対する MRI 施行時の注意点及び問題点

前述したように、無条件でMRIを施行できるわけではないことを十分に理解しておく必要がある。MRI対応といっても、ペースメーカー本体だけではなく、ペースメーカーのリード、プログラムの3つで構成されるペーシングシステムのすべてがMRI対応である必要がある。さらには、MRI非対応のリードが体内に残存している場合には、これらの残存リードがMRにより大きな問題を起こすことが報告されており、それらを抜去しない限りMRI検査は施行できない。また、ペースメーカー患者に対するMRI検査は3学会（日本医学放射線学会、日本磁気共鳴医学会、日本不整脈学会）が設けた施設基準を満たした施設のみでしか実施できない。加えて、実施条件も厳しく規定されており、学会のホームページ上にも公表されている。例えば、MRI検査にあたっては、所定の研修を修了した循環器科医師がMRI検査の依頼を行い、所定の手続きを踏んだ上でしか施行できないことになっている。さらにはMRI撮影にあたって、一定の条件があり、現状では1.5 teslaの機種しか使えない。つまり、最新の3 teslaの機器では撮像できな

い。しかも、複雑なことに、ペースメーカーの機種によって撮像可能なMRIの設定条件や撮像部位が異なっている（表2）。各ペースメーカーには、前述したSAR、dB/dtなどのMRスキヤンのパラメータに制限がかかっているため、一部のパルスシーケンスが撮像できない可能性があり、放射線科医ならびに臨床放射線技師も所定の研修を修了し、制限項目に関して熟知しておく必要がある。さらに、留意すべき点は、MRI検査を施行する際には、循環器科医が立会いのもと、直前にペースメーカーのプログラムをMRI対応用に変更し、検査直後にペースメーカーのチェックを行った上でペースメーカーの設定をもどす必要がある点である。なお、MRI施行時には非同期ペーシングもしくはペーシング・オフの状態となるため、不必要なペーシングが行われたり、必要時にペーシングがかからないことも想定される。したがって、検査中はパルスオキシメトリーや心電図により患者を厳重にモニタリングし、急変時には除細動を含む救急処置を瞬時に行えるよう、万全な状態にしておくことが求められている。以上述べたように、現状のMRI対応ペースメーカーはMRI検査施行時の制約があまりにも多く、機種により撮像条件もまちまちであるため、安全にMRI検査を施行するにはかなりの慎重さが求められる。したがっ

表2 各ペースメーカーにおけるMRI検査の施行条件。

機種	Advista MRI	Accent MRI	Evia Pro MRI
発売元	Medtronic	St. Jude Medical	Biotronik
MRI施行可能時期	植込み後6週以降	植込み後6週以降	植込み後6週以降
スキャナー	1.5 tesla / 円筒型ボア	1.5 tesla / 円筒型ボア	1.5 tesla / 円筒型ボア
スキャナー・モード	通常操作モードのみ	通常操作モード もしくは 第一次水準管理操作モード	通常操作モードのみ スキヤン時間:30分以内 全検査の総スキヤン時間:10時間まで
患者体位	側臥位以外は可	側臥位以外は可	仰臥位のみ (身長140cm以下不可、発熱時は不可)
MRI isocenterの位置	制限なし	制限なし	眼から恥骨結合2横指上までは不可
傾斜磁場及びRFパルスの強度	傾斜磁場slew rate: 200 T/m/s以下 体幹SAR: 2 W/kg以下 頭部SAR: 3.2 W/kg以下	傾斜磁場slew rate: 200 T/m/s以下 体幹SAR: 4 W/kg以下 頭部SAR: 3.2 W/kg以下	傾斜磁場slew rate: 125 T/m/s以下 体幹SAR: 2 W/kg以下 頭部SAR: 3.2 W/kg以下
MRI実施可能なリード・パラメータ	刺激閾値: 2.0 V (0.4 ms)以下 リードインピーダンス: 200-1500 Ω 5.0 V (1.0 ms)にて横隔膜刺激なし	刺激閾値: 2.5 V (0.5 ms)以下 リードインピーダンスが限度値以内 5.0 or 7.5 V (1.0 ms)にて横隔膜刺激なし	刺激閾値: 2.0 V (0.4 ms)以下 リードインピーダンス: 200-1500 Ω
MRI施行時のペースメーカー設定	AOO, VOO, DOO, ODO 出力: 5.0 V (1.0 ms)	AOO, VOO, DOO, OFF 出力: 5.0 or 7.5 V (1.0 ms)	AOO, VOO, DOO, OFF 出力: 5.0 V (1.0 ms)



## お わ り に

MRI 対応ペースメーカーは大変魅力あるデバイスであることには間違いないが、産声を上げたばかりのこの機器をこれからどのように安全かつ有効に利用していくかは我々に与えられた大きな命題である。今後は、医療界、MRI 機器

業界、ペースメーカー業界の3業界が密に連携し合い、安全かつ容易にMRI検査を施行できる環境を構築していくことが必要であると考えられる。

開示すべき潜在的利益相反状態はない。

## 文 献

- 1) Sakakibara Y, Mitsui T. Concerns about sources of electromagnetic interference in patients with pacemakers. *Jpn Heart J* 1999; 40: 737-743.
- 2) Gimbel JR, Kanal E. Can patients with implantable pacemakers undergo magnetic resonance imaging? *J Am Coll Cardiol* 2004; 43: 1325-1327.
- 3) Wilkoff BL, Bello D, Taborsky M, Vymazal J, Kanal E, Heuer H, Hecking K, Johnson WB, Young W, Ramza B, Akhtar N, Kuepper B, Hunold P, Luechinger R, Puererfellner H, Duru F, Gotte MJW, Sutton R, Sommer T. Magnetic resonance imaging in patients with a pacemaker system designed for the magnetic resonance environment. *Heart Rhythm* 2011; 8: 326-328.
- 4) Martin ET. Can cardiac pacemakers and magnetic resonance imaging systems co-exist? *Eur Heart J* 2005; 26: 325-327.
- 5) Walton C, Gergely S, Economides AP. Platinum pacemaker electrodes: origins and effects of the electrode-tissue interface impedance. *Pacing Clin Electrophysiol* 1987; 10: 87-99.
- 6) Rouguin A, Zviman NM, Meininger GR, Rodrigues ER, Dickfeld TM, Bluemke DA, Lardo A, Berger RD, Calkins H, Halperin HR. Modern pacemaker and implantable cardioverter/defibrillator systems can be magnetic resonance imaging safe: in vitro and in vivo assessment of safety and function at 1.5T. *Circulation* 2004; 110: 475-482.
- 7) Luechinger R, Zeijlemaker VA, Pedersen EM, Mortensen P, Falk E, Duru F, Candinas R, Boesiger P. In vivo heating of pacemaker leads during magnetic resonance imaging. *Eur Heart J* 2005; 26: 376-383.
- 8) Rouguin A, Donahue JK, Bomma CS, Bluemke DA, Halperin HR. Cardiac magnetic resonance imaging in a patient with implantable cardioverter-defibrillator. *Pacing Clin Electrophysiol* 2005; 28: 336-338.
- 9) Sommer T, Vahlhaus C, Lauck G, von Smekal A, Reinke M, Hofer U, Block W, Träber F, Schneider C, Gieseke J, Jung W, Schild H. MR imaging and cardiac pacemakers: in-vitro evaluations and in-vivo studies in 51 patients at 0.5 T. *Radiology* 2000; 215: 869-879.
- 10) Hayes DL, Homes DR Jr, Gray JE. Effect of 1.5 tesla nuclear magnetic resonance imaging on implanted permanent pacemakers. *J Am Coll Cardiol* 1987; 10: 782-786.
- 11) Fontaine JM, Mohamed FB, Gottlieb C, Callans DJ, Marchlinski FE. Rapid ventricular pacing in a patient undergoing magnetic resonance imaging. *Pacing Clin Electrophysiol* 1998; 21: 1336-1339.
- 12) Naehle CP, Litt H, Lewalter T, Sommer T. Do we need pacemakers resistant to magnetic resonance imaging? *Europace* 2006; 8: 388; author reply 389.
- 13) Delacretaz E. Asynchronous ventricular pacing triggering ventricular fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2004; 15: 963-964.
- 14) Sheibelhofer W, Glogar D, Probst P, Milczoch J, Kaindl F. Induction of ventricular tachycardia by pacemaker programming. *Pacing Electrophysiol* 1982; 5: 587-592.
- 15) Sommer T, Naehle CP, Yang A, Zeijlemaker V, Hackenbroch M, Schmiedel A, Meyer C, Strach K, Skowasch D, Vahlhaus C, Litt H, Schild H. Strategy for safe performance of extrathoracic magnetic resonance imaging at 1.5 tesla in the presence of cardiac pacemakers in non-pacemaker-dependent patients: a prospective study with 115 examinations. *Circulation* 2006; 114: 1285-1292.
- 16) Naehle CP, Meyer C, Thomas D, Remerie S, Krautmacher C, Litt H, Luechinger R, Fimmers R, Schild H, Sommer T. Safety of brain 3-T MR imaging with transmit-receive head coil in patients with cardiac pacemakers: pilot prospective study with 51 examina-

- tions Radiology 2008; 249: 991-1001.
- 17) Nazarian S, Hansford R, Roguin A, Goldsher D, Zviman NM, Lardo AC, Caffo BS, Frick KD, Kraut MA, Kamel IR, Calkins H, Berger RD, Bluemke DA, Halperin HR. A prospective evaluation of a protocol for magnetic resonance imaging of patients with implanted cardiac devices. *Ann Intern Med* 2011; 155: 415-424.
  - 18) Irnich W, Irnich B, Bartsch C, Stermann AW, Gufler H, Weiler G, et al. Do we need pacemakers resistant to magnetic resonance imaging? *Europace* 2005; 7: 353-365.
  - 19) Luechinger R, Duru F, Scheidegger MB, Boesiger P, Candinas R. Force and torque effects of a 1.5-Tesla MRI scanner on cardiac pacemakers and ICDs. *Pacing Clin Electrophysiol* 2001; 24: 199-205.
  - 20) Cohen JD, Costa HS, Russo RJ. Determining the risks of MRI at 1.5 tesla for patients with pacemakers and implantable cardioverter defibrillators. *Am J Cardiol* 2012; 110: 1631-1636.
  - 21) Kalin R, Stanton MS. Current clinical issues for MRI scanning of pacemaker and defibrillator patients. *Pacing Clin Electrophysiol* 2005; 28: 326-328.
  - 22) Ishibashi K, Takeda M, Yamahara Y. Clinical utility of a magnetic-resonance conditional pacemaker in a patient with cardiac sarcoidosis. *Intern Med* 2013; 52: 1341-1345.
  - 23) 金森勇雄, 藤野明俊, 丹羽政美編. MR の実践—基礎から読影まで—. 東京: 医療科学社, 2011; 121.

## 著者プロフィール



石橋 一哉 Kazuya Ishibashi

所属・職：済生会京都府病院循環器内科・部長

略 歴：1988年3月 京都府立医科大学医学部卒業  
 1988年5月 京都府立医科大学第二内科研修医  
 1989年11月 近江八幡市民病院・内科医員  
 1992年4月 京都府立医科大学大学院医学研究科博士課程入学  
 1996年4月 京都府立与謝の海病院循環器科副医長  
 (京都府立医科大学助手併任)  
 2000年4月 京都府立与謝の海病院循環器科医長  
 (京都府立医科大学学内講師併任)  
 2004年4月 亀岡市立病院診療部長  
 2006年4月 済生会京都府病院循環器内科副部長  
 2013年4月～現職

専門分野：心臓病学一般、心臓電気生理学

- 主な業績：1. Ishibashi K, Takeda M, Yamahara Y. Clinical utility of a magnetic resonance-conditional pacemaker in a patient with cardiac sarcoidosis. *Intern Med* 2013; 52: 1341-1345.
2. Ishibashi K, Takeda M, Yamahara Y, Shiraishi H, Shirayama T, Matsubara H. Brugada syndrome associated with J waves in multiple leads and “pseudo-epsilon” wiggle waves in lateral leads: Possible conduction delay in J-wave syndrome. *J Arrhythmia* 2012; 28: 228-231.
3. Ishibashi K, Osamura T, Yamahara Y. Long-term follow-up of “reversible” dilated cardiomyopathy with improvement of cardiac sympathetic nerve activity after cardiac resynchronization therapy (CRT). Do “CRT superresponders” have “dyssynchrony-induced cardiomyopathy”? *J Cardiol Cases* 2010; e56-62.
4. Ishibashi K, Osamura T, Yamahara Y. Myocardial stunning with partial aneurysmal formation generated during the recovering process of tachycardia-induced cardiomyopathy. *J Cardiol* 2009; 54: 121-127.
5. Ishibashi K, Hirasaki S, Matsuo R, Tsukamoto M, Kawata K, Suzuki F. Slow-fast form of atrioventricular nodal reentrant tachycardia with unusual retrograde activation in the right atrium -Possible conduction disturbance across the tendon of Todaro related to the genesis of positive component of biphasic retrograde P wave-. *J Arrhythmia* 2006; 22: 52-57.
6. Urao N, Shiraishi H, Ishibashi K, Hyogo M, Tsukamoto M, Keira N, Hirasaki S, Shirayama T, Nakagawa M. Idiopathic long QT syndrome with early afterdepolarization induced by epinephrine -a case report-. *Circ J* 2004; 68: 587-591.
7. Shiraishi H, Ishibashi K, Hyogo M, Urao N, Tsukamoto M, Keira N, Hirasaki S, Shirayama T, Nakagawa M. A case of cardiomyopathy induced by premature ventricular complexes. *Circ J* 2002; 66: 1065-1067.
8. Ishibashi K, Inoue D, Sakai R, Inoue M, Shirayama T, Asayama J, Nakagawa M. Effects of disopyramide on the atrial fibrillation threshold in the human atrium. *Int J Cardiol* 1995; 52: 177-184.