

冠動脈MRA画質改善のための研究

Research for Coronary MRA Visualized Improvement

落合 礼次 ¹⁾	Reiji Ochiai	熊谷 繁夫 ²⁾	Shigeo Kumatani
小林 学 ²⁾	Manabu Kobayashi	朝戸 幹雄 ²⁾	Mikio Asato
成田 浩 ³⁾	Hiroshi Narita	小原 陽子 ³⁾	Yoko Ohara
松田 幸夫 ⁴⁾	Yukio Matsuda	板垣 博幸 ⁵⁾	Hiroyuki Itagaki

¹⁾医療法人社団 如水会 今村病院

²⁾医療法人 愛誠会 昭南病院

³⁾株式会社日立製作所 ヘルスケアビジネスユニット 営業統括本部

⁴⁾株式会社日立製作所 ヘルスケアビジネスユニット 渉外本部

⁵⁾株式会社日立製作所 ヘルスケアビジネスユニット 開発統括本部

近年、低侵襲性に冠動脈狭窄を診断する方法である Whole heart coronary MRA を撮像する機会が増加している¹⁾²⁾。最新の心電図および呼吸のゲーティング技術が、その画質向上に寄与し、冠動脈狭窄の正診率を上げることとなる。そこでわれわれの行った技術改善を以下に述べてみる。

Recently, Whole heart coronary MR Angiography (a less invasive procedure for detecting coronary artery stenosis) has been increasingly performed. Recent technological developments such as ECG gating, respiratory gating, have all helped to improve the image quality and thus resulting in more accurate coronary artery stenosis. We describe the latest technological developments in whole heart coronary MR Angiography.

Key Words: Whole Heart Coronary MR Angiography, Coronary Artery Stenosis

1. はじめに

近年 Whole heart coronary MR Angiography (以下 WHC-MRA) は、造影剤を使用せず冠動脈MRAを撮像する方法として使用されてきているが、十分な普及には至っていない。その原因として、被験者により変化する拍動している心臓と呼吸による不規則な動きに連動した冠動脈撮像を求められることにある。MRI装置 ECHELON Oval* (株式会社日立製作所製 1.5T) が鹿児島県の昭南病院に平成24年9月に導入さ

れ、WHC-MRAの撮像にあたり画質の改善を行ってきた。WHC-MRAは放射線被ばくがない、造影剤を使用しない、高度石灰化に関係なく病変を評価できるという利点がある。しかし欠点として撮影時間が長い、評価できる画像が撮れる確率が低い、画像処理時間が長い、ステント内の評価が困難、心嚢液と血管との分離困難等が挙げられる。そこで、われわれは評価できる画像を得るための画質改善を目的として、撮

像方法の工夫とMRIソフトウェアの改良を試みたので紹介する。まず、以前に調べておいたものであるが図1に示すように被験者により変化する拍動している心臓がどのような静止時間となるのかを把握する必要がある。次に呼吸による不規則な動きに連動して撮像しなければならないという重要な課題がある。それらの動きに対応するため、撮像方法の工夫とMRIソフトの改良を試み、画質改善を得たので紹介する。

収縮期の静止時間の長さは心拍数が増えても変化に乏しいのに対し、拡張期の静止時間は心拍数が増えるにつれて短縮する。また、心拍数73付近で二つの直線が交差し、心拍数73以降は収縮期の静止時間のほうが拡張期の静止時間よりも長くなる。

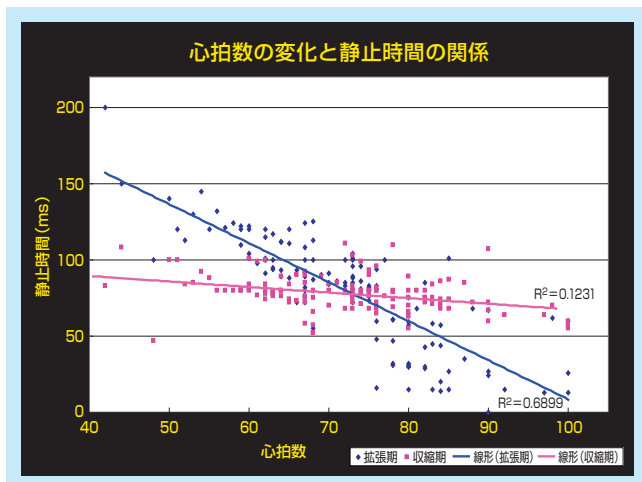


図1：シネ画像より計測した拡張期、収縮期での静止時間。横軸が心拍数で縦軸が静止時間。

2. 撮像の工夫とMRIソフトの改良

①セッティング

- ・腹部の抑制

バスタバンドは検査中に緩みにくい伸縮性のあるものを使用し、被験者に息を吐いてもらった状態できちんと締める。

「息を軽く吸って、吐いてください」、「小刻みに息をするようにしてください」と説明する。呼吸をできるだけ一定にするよう指導をきちんと行う。

バスタバンドは締め過ぎると逆効果なので、苦痛に感じない程度に締める。足の下に枕を入れ、リラックスしてもらう。

ニトログリセリンを舌下に入れ、飲み込まずに口の中で溶かしておいてもらう。

②電極を貼る(図2)

下側のコイルと心臓と上側のコイルの中心位置をきちんと合わせる。

- LA：鎖骨下の胸骨左縁一横指
- RA：LAの2肋間下
- RL：RAの2肋間下
- LL：心臓を挟む位置、心尖部の先

●●●を縦一直線に並べる

- *電極を磁場の方向：縦に並べるほうがノイズを拾いにくい
- *肋骨の間にしっかりと貼る
- *粘着力が落ちるため、なるべく貼り直しをしない
- *電極からのケーブルも動かないようにテープで貼る

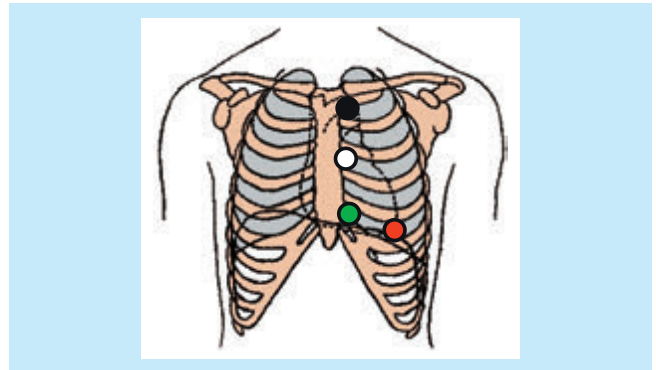


図2：電極の貼り方

位置決め撮像後、心臓の位置が磁場中心に来ていたらマイクを使って薬を飲んでもらうように指示する。

*薬を飲むまでにWhole Heart用・ナビ用の位置決め画像を全て撮り終えておくことが大事。

③位置決め

三断面のスキヤノグラムで心臓が真ん中にセッティングされていることを確認する。ずれていたら、必ずセッティングをし直す。

セッティングに問題がなければ、この段階でニトログリセリンを飲んでもらう。

スキヤノグラムは横隔膜ナビの位置決めも兼ねられるように、枚数を増やしている。

④delay time測定用のシネ画像

スライス断面は心臓長軸より少し浅い断面に設定する(図3)。

delay time測定用のシネ画像はPhaseを細かく設定しすぎるとかえって動きの少ない部分を決めにくいので、20ms間隔

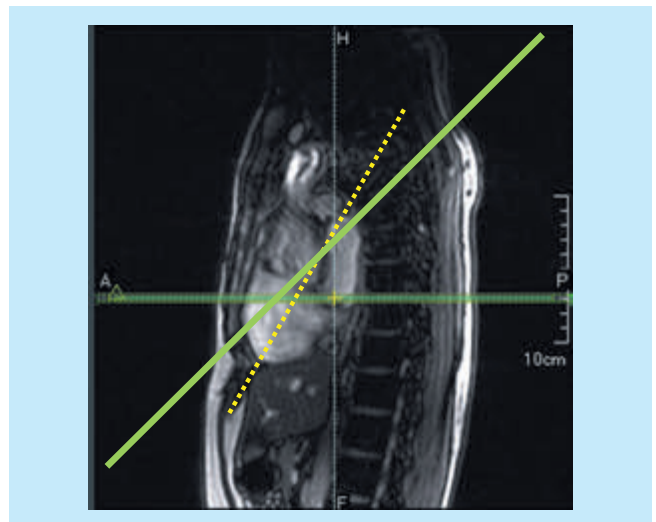


図3：delay time測定用 シネのスライス断面

程度とした。R-R間を全て撮像できる条件とする。

息止めシネの条件から変更した、短時間(2秒程度)のシーケンスとし、複数回撮像した結果で、delay timeを決めるようにする。

観察するのは右冠動脈であるが、見えにくい場合は周囲組織の動きも合わせて観察する。

肥満体型の場合は横隔膜の変動が落ち着いてから検査する。

心拍数とR波から静止開始時間の関係は、収縮期では心拍数が変化しても、R波からの静止開始時間はほとんど変化がないのに対し、拡張期においては低心拍ではR波からの静止開始時間が延長し、高心拍では短縮する。すなわち、拡張期収集は、心拍変動とともに静止する時間帯も変動するので画質の劣化を起こす。

⑤横隔膜ナビ

Gate Window(GW)内のブレの少ない最大呼気時のデータが入るように合わせ、GWの幅は5mmでは広すぎで、4mmとした。

計測中は横隔膜ナビ、心電モニター、呼吸モニターを観察し、設定条件からずれてきたら、検査を中止して、再設定の上、やり直す。

実際の撮像経過時間(経過時間の割合)および、Accept/Reject率が表示されれば、撮像時間の目安、再撮影の判断材料として分かりやすい。TR:4.8msの場合は15~20分を目安に考える(TR:4.2msの場合の目安は10分)。

モニタースキャンと本スキャンのコントラスト差を低減するため、モニタースキャンと本スキャンのシーケンスを揃える。

ナビの分解能向上のため、ナビの再構成マトリックスの最大値を256から1024に変更した。

*従来法と改良法の変更点について図4に示す。

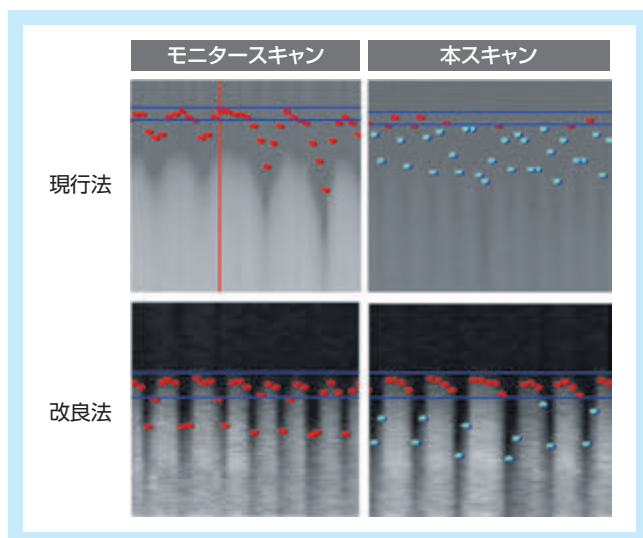


図4：ナビの変更点

アーチファクトの回避のため横隔膜ナビ信号の探索幅を縮小し、ナビのSEシーケンスにスポイラーを追加した。またT2W Prepのスポイラー印加量を調整した。

上記を踏まえて本スキャンを行うことにより、画質が向上する確率が高まった(図5)。

忘れてならないことは、撮像した本画像をワークステーションにてMIP(Maximum Intensity Projection)やMPR(Multi Planar Reconstruction)画像を作成するにあたり、ある程度のトレーニングが必要なことである。画像評価にはMPR画像に依存することが多く、解剖を熟知することが必須で、冠動脈と静脈や心嚢液との分離に難渋することもしばしばである。

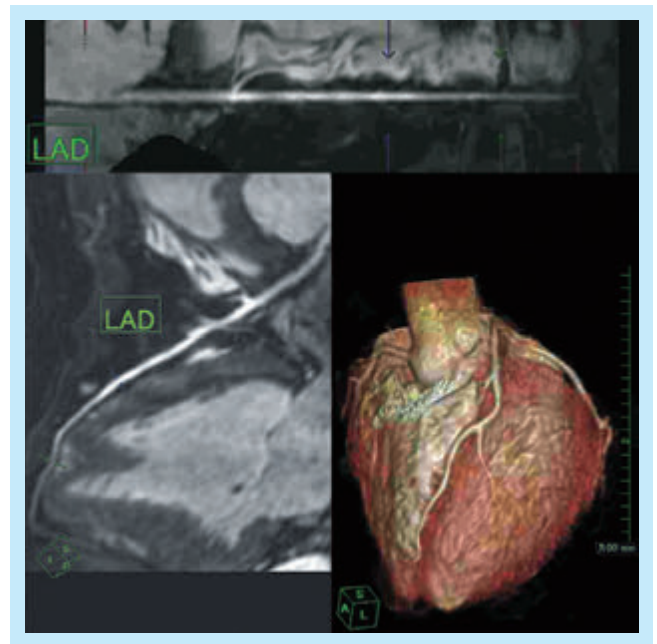


図5：WHC-MRA

3. 今後の展望

WHC-MRAの使用対象として①造影剤を使用しないので、腎機能の低下した状態の患者への適用、②被ばくがないので、頻回な冠動脈チェックを要する例や川崎病等の小児に対する負担軽減、③顕著な石灰化により冠動脈CTでの評価困難例、④健診希望者、等が考えられる。これらへの普及の鍵は、安定して評価可能な画像を得ることが前提となる。さらに、この方法を利用して動脈プラークの評価に結びつけていくことを目標としたい³⁾。今回のわれわれの試みが少しでも役立つことを希望する。

4. 謝辞

本研究にあたり、放射線技師である木船智司氏に多大なる協力をいただき、ここに深く感謝いたします。

※ ECHELON Ovalは株式会社日立製作所の登録商標です。

参考文献

- 1) Sakuma H, et al. : Detection of coronary artery stenosis with whole heart coronary magnetic resonance angiography. *J Am Coll Cardiol* 2006, 48 : 1946-1950.
- 2) Kato S, et al. : Assessment of coronary artery disease using magnetic resonance coronary angiography: a national multicenter trial. *J Am Coll Cardiol* 2010, 56 : 983-991.
- 3) Kawasaki T, et al. : Characterization of hyperintense plaque with noncontrast T(1)-weighted cardiac magnetic resonance coronary plaque imaging: comparison with multislice computed tomography and intravascular ultrasound. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2009 Jun; 2(6) : 720-8.