

## WHCMRA における右冠動脈に発生した磁化率アーチファクトの基礎的検討

○野中 春輝、今田 直幸、麻生 弘哉、石川 優子  
医療法人あかね会 土谷総合病院 診療技術部放射線室

### 【背景】

WHCMRA (Whole Heart Coronary MRA) は一回の撮像で心臓全体の画像を得ることができる有用な検査である。当院では主に川崎病患者の冠動脈瘤の follow up に用いているが、まれに右冠動脈の屈曲部 (seg2-3) に磁化率アーチファクトによる画像欠損を経験することがある。今回、自作ファントムを作成し右冠動脈に発生した磁化率アーチファクトによる画像欠損の原因が何に影響されているのか調査したので報告する。

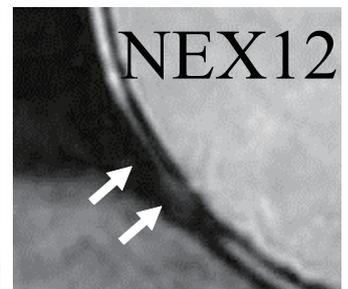
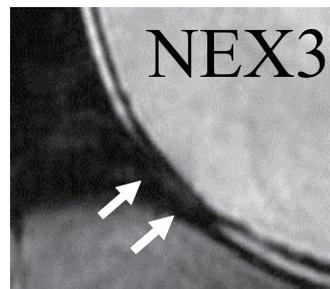
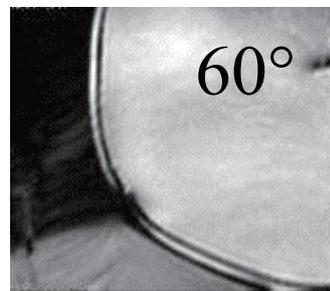
### 【方法】

使用機器は、MRI 装置 Philips Intera Achieva 1.5T release 1.5。使用コイル 5ch SENSE-Cardiac Coil。自作固定ファントム (模擬血管、心臓：希釈 Gd 造影剤 0.08mmol/L、模擬肝臓：40wt% スクロース)。心電図モニタ IVY BIOMEDICAL SYSTEMS 社製モデル 3100。自作固定ファントムを用い、心拍数を 50～120bpm (10bpm 間隔) と変化させた。心臓と横隔膜により形成される角度を 30°、45°、60° と変化させた。Reference Scan の加算回数をファントム静止時と呼吸による上下の動きを想定した移動時でそれぞれ 3、6、8、10、12 と変化させた。心拍数、心臓と横隔膜により形成される角度は、臨床データよりアーチファクト有群と無群での比較を行った。

### 【結果】

ファントム実験において心拍数の変化による磁化率アーチファクトの変化は認められなかった。臨床データにおいてもアーチファクト有群の平均心拍数 77.33 ± 18.18、アーチファクト無群の平均心拍数 86.37 ± 18.37 と両群に有意差を認めなかった。ファントム実

験において心臓と横隔膜で形成される角度が鋭角なほど磁化率アーチファクトが増大した。臨床データにおいてもアーチファクト有群の平均角度 40.92 ± 5.03、アーチファクト無群 53.52 ± 9.04 と両群に有意差を認めた。ファントム静止時と移動時における加算回数の増加では、静止時では変化は無く、移動時では磁化率アーチファクトが低減した。

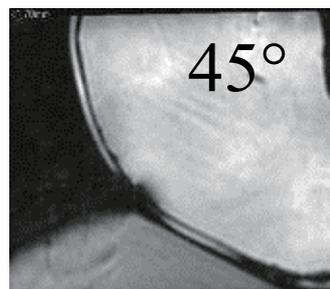
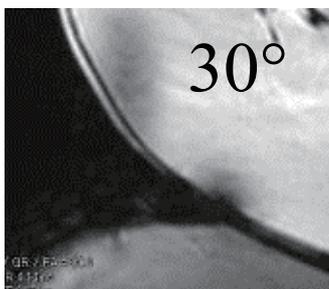


### 【考察】

心拍数の変化は、磁化率アーチファクトの増減に関与していないと考えられる。心臓と横隔膜で形成される角度が鋭角なほど磁化率アーチファクトが増大したが、これは局所の磁場がより不均一になったためだと考えられる。ファントム移動時に加算回数を増加すると磁化率アーチファクトが低減したが、Reference Scan のデータ量が増えることで、動きによる補正効果が向上したためだと考えられる。

### 【結語】

WHCMRA における右冠動脈屈曲部に発生した磁化率アーチファクトの原因を調査した。本研究での基礎的検討を考慮し、今後臨床で磁化率アーチファクトの低減方法を検討していく。



## 当院における小児川崎病 Coronary MRA の描出能推移について

○麻生 弘哉<sup>1)2)</sup>、野中 春輝<sup>1)</sup>、石川 優子<sup>1)</sup>、舛田 隆則<sup>1)</sup>、今田 直幸<sup>1)</sup>、市川 勝弘<sup>2)</sup>

1) 医療法人あかね会 土谷総合病院 診療技術部 放射線室、  
2) 金沢大学大学院 医学系研究科 保健学専攻

**【背景・目的】** 当院の放射線科では、2007年に小児循環器科の依頼で、小児川崎病患者の Coronary MRA (CMRA) の撮像を開始し、6年が経過した。6年の間に装置の変更やバージョンアップは全くなく、機器は同じ状態で検査を行い、また6年の間には、診断と画質を向上させる工夫を行ってきた。今回我々は、当院にて撮像した小児川崎病 CMRA に対する描出能推移を調査したので報告する。

**【方法】** 使用機器は Philips Intera Achieva 1.5T release 1.5、使用コイルは Sense-cardiac coil、Flex-M coil、Flex-S coil、撮像シーケンスは通常心臓撮像で使用されている True-SSFP を使用し、navigator echo と ECG を併用した。

2007年から2012年の6年間で Coronary を撮像した川崎病患者40名に対して、MRI 担当放射線技師4名 (MRI 経験年数3年以上) で画像評価を行った。対象の40名は全員鎮静剤を使用し、年齢は0～12歳、平均5.1 ± 3.31 歳、男女比は男31：女9であった。

評価方法は、撮像年度別の視覚評価を5段階スコアで評価した。なお、川崎病冠動脈瘤の評価であるため、末梢血管の描出よりも、瘤に対する診断が可能であるかを評価のポイントとした。点数の評価は以下を基準とした。

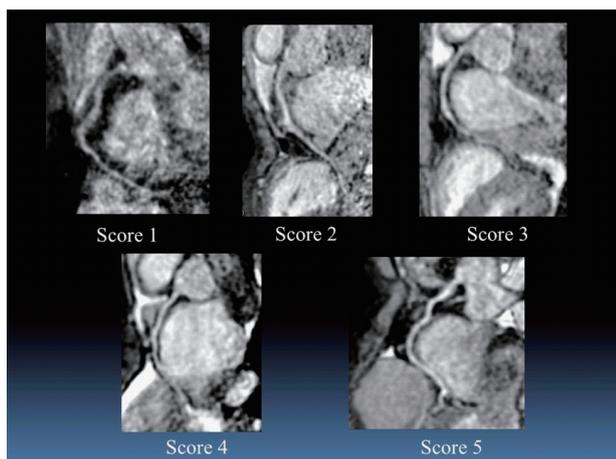
Score 1：画質が悪く、診断には不十分である。

Score 2：画質は悪いが、かろうじて診断可能である。

Score 3：画質は悪いが、病変の診断は可能である。

Score 4：病変の診断には十分な画質である。

Score 5：末梢までよく見え、病変以外にも血管に対しても十分な診断に十分な画像である。



また、5つのスコア基準に加え①瘤の形態、径の計測ができる。②瘤退縮後の血管径の計測ができる。③血管壁の評価ができる④末梢の描出よりも瘤の変化を評価できる。以上4点に重点を置き評価をした。

**【結果・考察】** 2007年から2012年のスコアはそれぞれ3.0、3.0、2.6、3.9、3.7、4.3となった。また、スコア3以上の割合は66.7%、60.0%、57.1%、88.9%、100.0%、100.0%であった。症例数の増加とともに描出能は増加し、画質は向上した。スコア別に対する対策は、ポジショニング、ベルトテクニックの不使用、体厚からのコイルの適正化、撮像断面収集方法の選択などの工夫であり、これらの対策が描出能の向上に寄与したと考えられる。6年間同じ装置での撮像であるが、経験と知識の集積から失敗例を分析し、改善対策を行うことで画質の向上につながる事が示された。

	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
平均score	3.0	3.0	2.6	3.9	3.7	4.3
Score3以上	4 / 6	3 / 5	4 / 7	8 / 9	6 / 6	7 / 7
Score3以上の割合	66.7%	60.0%	57.1%	88.9%	100.0%	100.0%
平均年齢	5.7 ± 2.8	6.0 ± 3.3	8.0 ± 3.3	2.3 ± 1.6	2.9 ± 2.2	6.6 ± 2.9
評価冠動脈 (右 / 左)	3 / 2	4 / 4	7 / 5	7 / 8	5 / 5	7 / 5

score	コメント	対策
1	・検査中の覚醒 ・いびき、呼吸の乱れ	・撮像時間の短縮 ・ポジショニングの再確認
2	・鎮静下の体動(ねぞうが悪い) ・呼吸の乱れ ・泣きしゃっくり	・足枕などを入れる。涼しくする。
3	・検査中の覚醒 ・鎮静下の体動 ・呼吸の乱れ ・横隔膜の動きが少なく、全てトリガーしてしまう	・撮像時間の短縮 ・足枕などを入れる。涼しくする。 ・ベルトテクニックをやめる
4	・中心部の感度が低かった ・横断像撮像では画質不良	・体厚を測り、適切なコイルを選ぶ ・横断像で画質不良の場合、他の撮像断面収集方法を考える
5	・呼吸は良い ・横断像撮像では画質不良 ・Shimmingの位置が悪かった	・横断像で画質不良の場合、他の撮像断面収集方法を考える ・Shimmingの再設定

○小島 明彦、白石 泰宏、山内 聡、上田 幸介、吉本 政弘

愛媛大学医学部附属病院 診療支援部 放射線技術部門

【背景・目的】心筋遅延造影(以下 LGE)において従来法の IR-TFE 法は、正常心筋と障害心筋を高いコントラストとして描出できる有用な撮像法である。IR-TFE 法を用いる場合、正常心筋の null-point に合わせた inversion time (以下 TI) を設定することが必要であるが、撮像中の null-point の変動の影響や、正常心筋の同定が困難な症例(びまん性心筋障害など)において TI の設定が困難である。今回、MR 信号の位相情報を利用した Phase sensitive Inversion Recovery 法(以下 PSIR 法)を用いて LGE の画質改善を図るために、ファントム実験と臨床画像評価を行い 3D-PSIR 法と 3D-IR-TFE 法の比較を行う。

#### 【使用機器】

Philips 社製 Achieva 3.0T

32ch-SENSE Cardiac Torso coil

日興ファインズ社製 PVA ゲル封入 MRI ファントム (90-401 型) (T1 値 : 323, 410, 577ms)

AZE Virtual Place Fujin

ziosoft ziostation2 MR 心機能解析 2

#### 【方法】

##### 1-1. ファントム実験

PSIR 法(magnitude image, PSIR image) および IR-TFE 法において、下記の撮像条件を変化させて信号強度の測定を行う。

- 1) TI (100-700ms), 2) FA (5-40deg),
- 3) TFE shot duration (90, 180, 270, 360ms)

##### 1-2. 臨床画像評価

LGE が認められた 37 症例(image quality に有意差なし)に対して、下記に示す項目の比較を行う。

- 1) 心筋体積、2) 心筋に占める LGE の割合、
- 3) 正常心筋と LGE 領域の CNR 比較、
- 4) 症例から見た PSIR 画像の有用性の検証

\* 1) 左室心基部~心尖部の全断面を評価。

\* 2) 最も信号が低い部位(正常心筋)を基準として、そこから +10SD 以上の領域を LGE 領域として評価。

#### 【結果】

##### 2-1. ファントム実験

##### 2-1-1. TI の検討

TI と信号強度の関係を Fig.1, 2, 3 に示す。すべてにおいて null-point となる TI は同じであった。IR-TFE 法および PSIR 法(magnitude image)において絶対値表示による信号強度の反転が生じたが、PSIR 法(PSIR image)においては負の極性を示した。また PSIR 法は階調幅の最大値となる信号強度が認められ、また各ファントム間における信号差を大きく捉えていた。

##### 2-1-2. FA の検討

IR-TFE 法では FA が大きいほど信号強度変化の傾きが大きく、TI が延長するに従い信号強度変化が小さくなった。PSIR 法では FA : 15deg 以上において同等の傾きを示した。

##### 2-1-3. TFE shot duration の検討

すべての shot duration において信号強度変化や null-point に差異が認められなかった。

##### 2-2. 臨床画像評価

##### 2-2-1. 心筋体積

心筋体積に有意差が認められなかった。

##### 2-2-2. 心筋に占める LGE の割合

PSIR 法の方が 4 割程度広く定量化された。

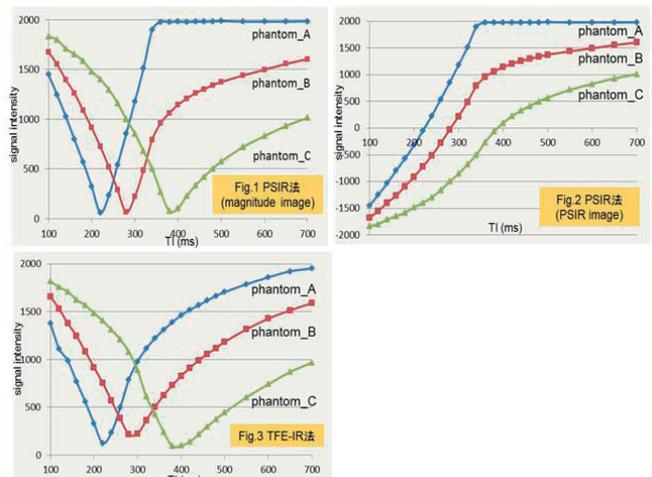
##### 2-2-3. 正常心筋と LGE の CNR 比較

CNR に有意差が認められなかった。

##### 2-2-4. 症例から見た PSIR 画像の有用性の検証

TI の設定が困難な症例(心筋症)や息どめ不良症例(全身状態不良、閉所恐怖症、高齢者、小児)において LGE の範囲がより明瞭に描出された。

【考察・結語】PSIR 法(PSIR image)は負の極性を示し、TI の設定に関わらず T1 値の短いものほど高信号に表示しており、縦緩和を純粋に表現していた。これより造影部が正常心筋より低く表示されることはなく、異なる造影効果を正確に表現することができると考えられる。また PSIR image 作成時の信号マッピングの際に、リスケーリング処理が施され、常用が想定される TI 領域において画素値のダイナミックレンジが広がるように設定されているため、信号差を大きく捉えることができる。PSIR 法は TI の設定に依存することなく、正常心筋と障害心筋のコントラストを保持した LGE image を得ることができる有用な撮像法であることが示唆された。



○白石 泰宏、小島 明彦、大窪 遥香、末国 宏、山内 聡、上田 幸介、吉本 政弘  
愛媛大学医学部附属病院 放射線部門

【背景】近年、tagging MRI による心筋の壁運動評価は、臨床現場で広く行われている。Tagging は心筋に格子状の標識 (tag) を印加し、格子の歪み (strain) を定量解析する事で非侵襲的に心筋内部の壁運動を評価する手法である。

以前より超音波検査等では薬剤負荷を用い正常心筋と虚血心筋の壁運動評価が試みられてきた。しかし、薬剤負荷による壁運動評価はドブタミンを使用している報告が殆どで、ATP 薬剤による報告はあまりない。

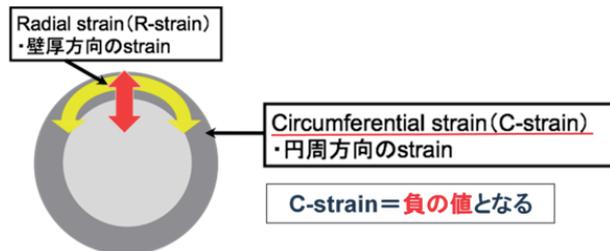
【目的】当院では虚血性心疾患疑いの患者に対し、ATP 負荷 PWI MRI を撮影している。そこで今回、ATP 負荷時および安静時 tagging MRI を撮影し、正常心筋と虚血心筋の strain 変化の検討を行ったので報告する。

#### 【使用機器】

- MRI 装置：Achieva 3.0T Quanser Dual (Philips)
- Coil：32ch cardiac phased array coil.

【方法】tagging MRI は心尖部・心中部・心基部の3断面において前壁・中隔・下壁・側壁の計12 segment で評価し、ATP 負荷前後で心内膜側の C-strain (circumferential strain) の最大値を解析ソフトを用いて計測した。

虚血心筋は ATP 負荷 PWI における低灌流域、梗塞心筋は遅延造影の有無とし、心臓 MRI 読影経験の豊富な放射線科専門医2名の合意により判定。



【結果】正常心筋では ATP 負荷により4～5%程度 C-strain が亢進した。(Fig.2)

虚血心筋では、安静時に C-strain の低下は認めないが、負荷による低下が顕在化した。(Fig.3)

梗塞心筋では安静、負荷時ともに C-strain の低下が目立った。(Fig.4)

虚血、梗塞心筋では負荷時に C-strain 5～6%程度低下する傾向にあった。

虚血・梗塞心筋ともに負荷 tagging を追加する事により異常心筋としての診断能が向上した。

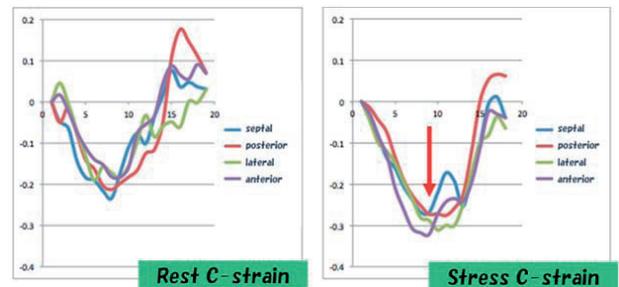


Fig.2 正常ボランティアの心筋 c-strain 解析結果

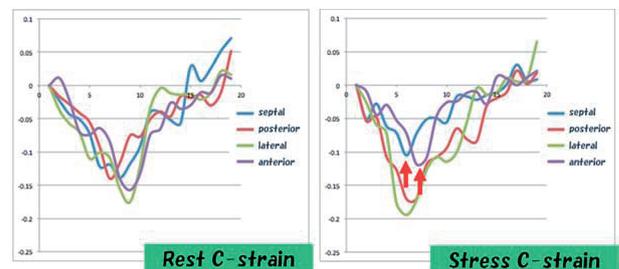


Fig.3 虚血心筋 (septal, anterior) c-strain 解析結果

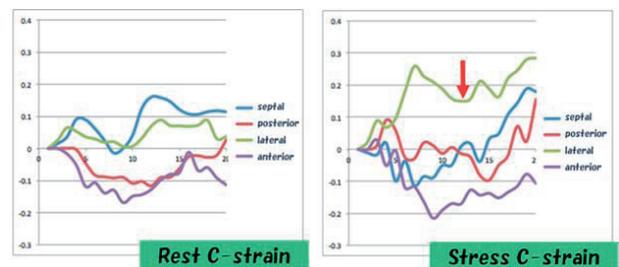


Fig.4 梗塞心筋 (lateral) c-strain 解析結果

【考察】Nesto R.W. らの報告によると“心筋虚血時には虚血領域の壁運動異常が生じられる。”とある。今回の検討でも ATP 薬剤により虚血を誘発する事で壁運動異常が起き、tagging における C-strain 解析で定量評価する事ができた。通常、虚血か梗塞心筋かの診断をつけるには負荷 PWI や LGE の撮影が必要となるが、それぞれには、Gd 造影剤が必要となる。しかし、気管支喘息、重度の腎機能障害を持った患者および NSF の危険性の高い患者では Gd 造影剤を使用できない場合がある。その際は、ATP 負荷 tagging MRI を追加する事で虚血心筋範囲を定量評価できる可能性がある。

【結語】ATP 負荷時及び安静時 tagging MRI の C-strain パターンより虚血・梗塞心筋の壁運動異常を明らかにできる可能性が示唆された。

○佐藤 大輔、松本 直樹、中田 和明、中河 賢一、古牧 伸介、森本 規義、光井 英樹  
倉敷中央病院 放射線センター

### 【背景】

当院心臓 MRI 検査では、多断面の2D cine 撮像により心筋壁運動の評価を行っている。しかし、2D 収集であることから、撮像断面のみの評価しかできない問題がある。そこで今回、3D cine 撮像に着目した。この3D cine では撮像時間の延長に伴う呼吸による影響を考慮する必要があるが、任意断面での評価が可能であるため有用性が高いと考える。

### 【目的】

4D cardiac imaging について、撮影条件の最適化を行った。

### 【使用機器】

使用した MRI 装置は Philips 社製 Achieva1.5T R2.6 で受信コイルは5ch SENSE-Cardiac-coil である。

### 【方法】

対象は、本研究の趣旨に同意した健常ボランティア1名とした。使用シーケンスは心電同期 (Trigger : R-R Window 10, 10) を併用した Balanced TFE で、slice orientation は sagittal、位相方向は前後方向で収集を行った。

- (1) 収集方法について、2D と 3D の画像比較検討を行った。
- (2) ボランティアの各呼吸状態における、Navigator echo の有無による画像の比較検討を行った。ボランティアの呼吸状態は、胸部を固定して小さな呼吸をした状態と、固定なしで大きな呼吸をした状態で撮像を行った。
- (3) 各手法における撮像時間の検討を行った。

画像の比較検討は、一対比較法を用い、5段階の視覚評価 (5 : Excellent 4 : Good 3 : average 2 : Poor 1 : Bad) を行った。評価項目は、画像の連続性、体動によるアーチファクト、心筋と内腔のコントラスト。評価者は MRI に従事している放射線技師10名で行った。

### 【結果】

- (1) 2D に対する3D 収集の評価は、画像の連続性 :  $4.6 \pm 0.52$  (平均値  $\pm$  SD)、体動によるアーチファクト :  $4.9 \pm 0.32$ 、心筋と内腔のコントラスト :  $3.7 \pm 0.82$  であった。
- (2) ボランティアの呼吸が小さい状態での Navigator echo 無に対する有の評価は、画像の連続性 :  $3.2 \pm 0.79$ 、体動によるアーチファクト :  $2.9 \pm 1.2$ 、

心筋と内腔のコントラスト :  $2.6 \pm 1.0$  であった。

ボランティアの呼吸が大きい状態での、Navigator echo 無に対する有の評価は、画像の連続性 :  $4.1 \pm 0.74$ 、体動によるアーチファクト :  $4.1 \pm 0.88$ 、心筋と内腔のコントラスト :  $3.6 \pm 1.1$  であった。

- (3) Navigator echo 無の設定撮像時間は3m32s、有の設定撮像時間は4m42s であった。Navigator echo 有、ボランティアの呼吸が小さい状態での実撮像時間は6m30s。呼吸が大きい状態での実撮像時間は9m30s であった。

### 【考察】

- (1) 2D が3D 収集より評価が低くなった要因として、3D が Volume 励起に対して、2D は slice 励起である為、呼吸によるスライス間の位置ズレが顕著になったことが考えられる。
- (2) ボランティアの呼吸が小さいと Navigator echo の使用の有無に関わらず、評価に差異は見られなかった。一方で、呼吸が大きいと Navigator echo が有用であった。これは、Navigator echo を用いることで、乱れた呼吸の時相を収集しないため、アーチファクトの少ない撮像ができたと考えられる。
- (3) 呼吸状態に応じて、Navigator echo 使用の有無を判断していく必要がある。また、Navigator echo を使用する際の設定条件を今後検討していく必要がある。

### 【まとめ】

健常ボランティアにおいて、3D での収集は2D より優れ、呼吸の影響の少ない画像を撮像することができた。また、大きな呼吸をした状態においては、呼吸同期を目的とした Navigator echo の併用が有用であった。Navigator echo の使用は撮像時間の延長を伴うので、今後最適な設定条件を検討していく必要がある。

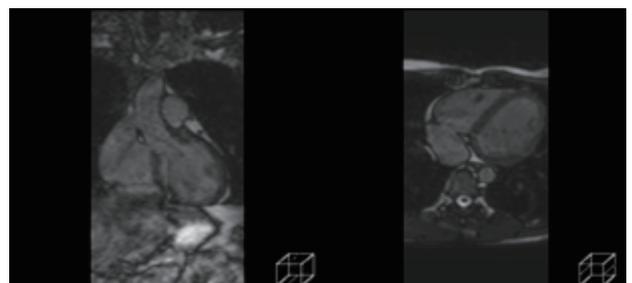


図1 任意断面に再構成した冠状断、水平断面像