

AMCoR

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

北海道放射線技術雑誌 (2006.07) 66号:7～12.

心筋遅延造影MRIにおけるシーケンスの比較～IR-TurboFlashとIR-TrueFISPについて～

杉森博行、柳澤亨、山田裕樹、窪田誠

《研究報告》

心筋遅延造影 MRI におけるシーケンスの比較

～IR-TurboFlash と IR-TrueFISP について～

Comparison of IR-TurboFlash and IR-TrueFISP sequence in
delayed enhancement MRI of the Heart

杉 森 博 行* 柳 澤 亨* 山 田 裕 樹*
窪 田 誠*

Summary Recently, delayed enhancement Magnetic Resonance Imaging (MRI) of the Heart is useful in assessing myocardial viability. To compare the sequence an inversion recovery prepared true fast imaging with steady-state free precession (IR-TrueFISP) and an inversion recovery prepared turbo fast low-angle shot (IR-turbo FLASH), we created a phantom using the different ratios of dilution of the contrast material Gd-DTPA. IR-turbo FLASH showed higher contrast-to-noise ratios (CNR) than IR-TrueFISP. However, IR-TrueFISP was useful for the patient who cannot hold breath.

Key words: cardiac MRI, delayed enhancement, cardiac imaging, inversion recovery

I. 緒 言

心筋遅延造影 MRI は心筋バイアビリティ評価において有用性が高く、心臓 MRI のルーチン検査として一般的に行われている¹⁾。当院では心筋遅延造影 MRI 用シーケンスとして Inversion Recovery 付加 Turbo Flash [fast low-angle shot] (以下 IR-Turbo Flash) と Inversion Recovery 付加 TrueFISP [fast imaging with steady-state precession] (以下 IR-TrueFISP) の 2 種類を用い撮像を行っているが、今回自作ファントムを作成し、2 種類のシーケンスを用いて撮像を行い、それぞれのシーケンスにおける有用性について検討したので報告する。

II. 使用機器および方法

II-1. 使用装置

使用装置は Siemens 社製 MAGNETOM Symphony 1.5 T である。

コイルは Body Array コイルと Spine Array コイルを組み合わせて使用した。

II-2. ファントム

ファントムは Fig. 1 に示す直径 150 mm の円柱容器中に左心室を模した心筋および心内腔を設定し、正常心筋として希釈 Gd 造影剤 0.1 mmol/l を充満させた自作ファントムを用いた。正常心筋を模した領域 (以下、領域 M) に希釈 Gd 造影剤濃度を 0.1 mmol/l ずつ変化させたファントムを 16 本封入した。

II-3. 方法

IR-Turbo Flash と IR-TrueFISP の当院基本撮像条件を Table に示す。

(1) TI を変化させて撮像し SNR を測定

基本撮像条件において、Inversion Time (以下 TI) を 220 msec～500 msec の間で 20 msec ずつ変化させ、異なる造影剤濃度のファントムそれぞれに ROI を設定し信号雑音比 (以下 SNR) を測定した。

また、領域 M の SNR が最も低くなる TI において、領域 M とファントム番号 11～16 についてコントラスト雑音比 (以下 CNR) を求めた。

(2) Flip Angle を変えて撮像し SNR を測定

ファントム中の領域 M について、Flip Angle を 5°～45° の間で 5° ずつ変化させ ROI を設定し SNR を測定した。

*旭川医科大学病院 放射線部

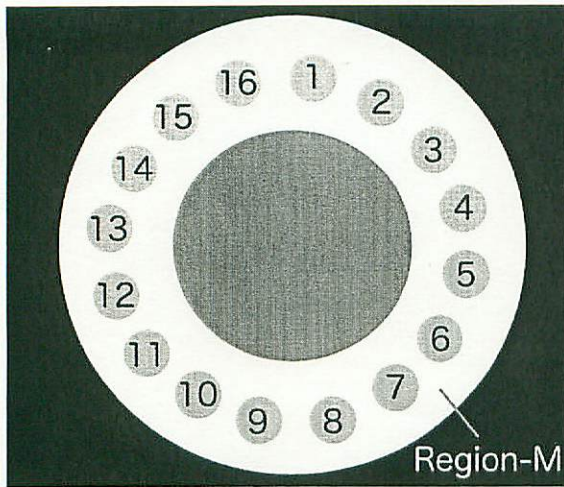


Fig. 1 自作ファントムの模式図

Phantom No	Gd-DTPA
1	0.1mmol/l
2	0.2mmol/l
⋮	⋮
16	1.6mmol/l
RegionM	1.0mmol/l

	FOV	TR/TE	Matrix	Flip Angle	BW	segments
IR-Turbo flash	400	750/4.2	256	25	130	25
IR-TrueFISP	400	750/1.5	256	45	780	65

Table IR-Turbo Flash および IR-TrueFISP の当院基本撮像条件

(3) segment 数を変えて撮像 SNR を測定

ファントム内の領域Mについて、segment 数を5～65の間で5ずつ変化させ ROI を設定し SNR を測定した。

(4) 臨床において正常心筋と異常心筋の CNR を測定

心臓 MRI 検査において、IR-Turbo Flash と IR-TrueFISP の両方を用いて撮像した患者のうち、心筋に造影効果のあった 20 例において、正常心筋と異常心筋の CNR を求めた。

SNR は以下の式により求めた。

$$\text{SNR} = \text{SI} / \text{SD}_{\text{BG}}$$

(SI: 信号強度, SD_{BG} : バックグラウンドの SD)

III. 結 果

III-1.

TI を変化させて撮像したときの SNR の変化を Fig. 2 に示す。

IR-Turbo Flash, IR-TrueFISP とともに、TI が長くなるにつれて SNR が上昇した。

SNR が最も低くなる TI における領域Mとファントムの CNR を Fig. 3 に示す。IR-Turbo Flash の方が CNR が高くなった。

III-2.

Flip Angle を変えて撮像したときの SNR の変化を Fig. 4 に示す。IR-Turbo Flash では、Flip Angle を上げるにつれて、SNR が最も低くなる TI は短くなった。IR-TrueFISP では Flip Angle によらず、SNR が最も低くなる TI は同じであった。

III-3.

segment 数を変えて撮像したときの SNR の変化を Fig. 5 に示す。IR-Turbo Flash では、Segment 数を増やすと SNR が最も低くなる TI は短くなった。IR-TrueFISP では Segment 数によらず、SNR が最も低くなる TI は同じであった。

III-4.

IR-Turbo Flash と IR-TrueFISP を用いて、正常心筋と異常心筋の CNR を測定した結果を Fig. 6 に示す。20 例すべてにおいて IR-TrueFISP より IR-Turbo Flash の CNR が高くなった。

IV. 考 察

本研究の結果より、IR-Turbo Flash の方が IR-TrueFISP より CNR が高くなる結果となったが、性質が異なるシーケンスを用いているため、パラメータの検討および使い分けの検討を行った。

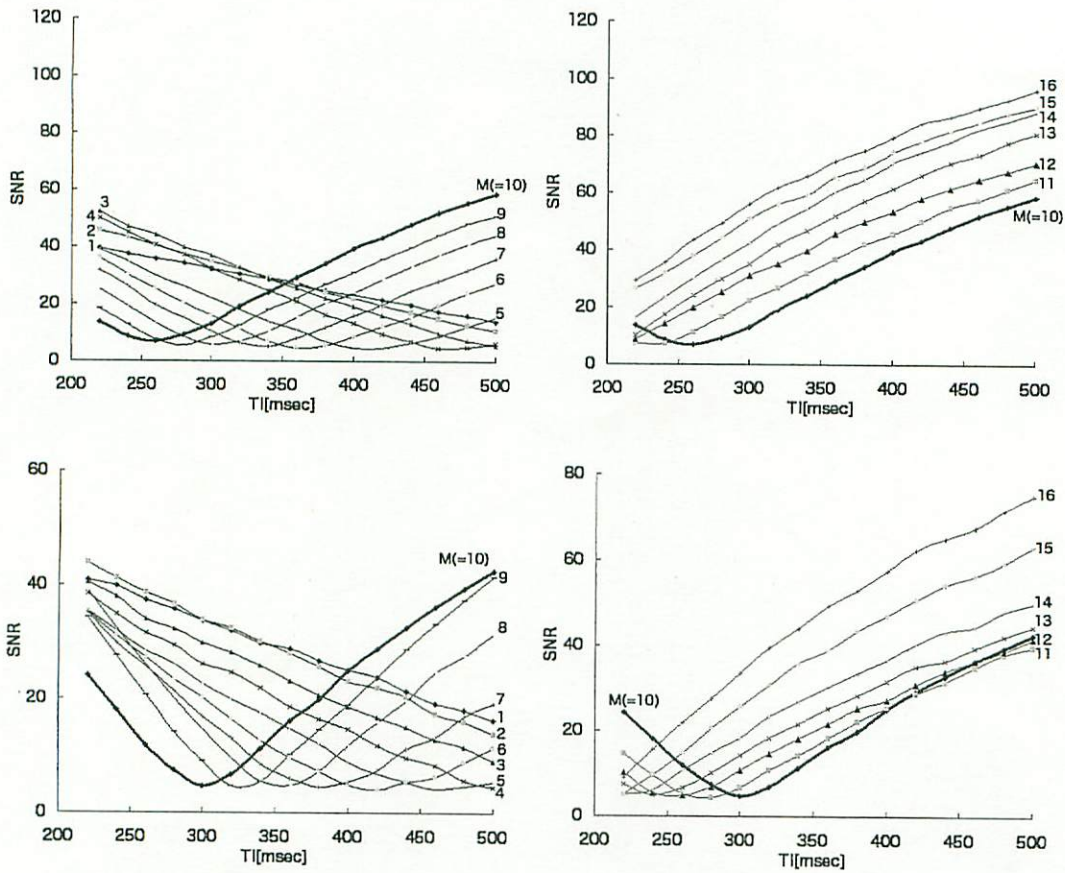


Fig. 2 異なる造影剤濃度のファントムを撮像したときの TI と SNR の関係 (a)(b) IR-TurboFlash (c)(d) IR-TrueFISP

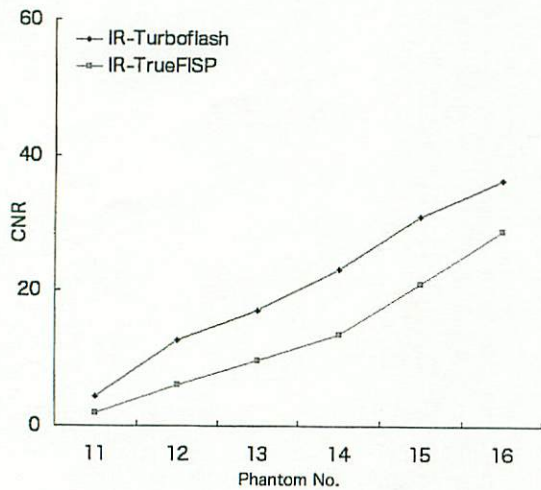


Fig. 3 SNR が最も低くなる TI における領域 M とファントムの CNR

IV-1. IR-Turbo Flash, IR-TrueFISP について

Turbo Flash, TrueFISP のどちらもグラディエントエコー法の一つであるが, Turbo Flash は横磁化成分をスポイルするため T1 コントラストを有する²⁾ のに対して, TrueFISP は横磁化成分をリワイ

ンドするため $\sqrt{T2^*/T1}$ コントラストを有している³⁾. このことにより, IR-Turbo Flash の方が CNR が高くなる結果となったと考える.

IV-2. IR パルス使用時における CNR について

心筋遅延造影 MRI において, 正常心筋の信号強度が Null になる TI を設定し撮像することによって異常心筋とのコントラストをつけるが, IR パルスによって反転された縦磁化は画像上絶対値で表現される. 本研究において異なる造影剤濃度のファントムを撮像したが, 最も SNR の低くなった点よりも短い TI では, SNR が絶対値表現により反転して表示されている. また, ファントムの造影剤濃度が薄くなるにつれ, 最も SNR の低くなる TI も短くなる. したがって, 領域 M において最も SNR の低くなった TI よりも短い部分では, 各ファントムと CNR を求めても単純に CNR の大小で比較することができない. このことより, Fig. 3 で示したように, 領域 M の SNR が最も低くなった TI において, IR-TrueFISP と IR-Turbo Flash の CNR を求める比較することが適当だと考える.

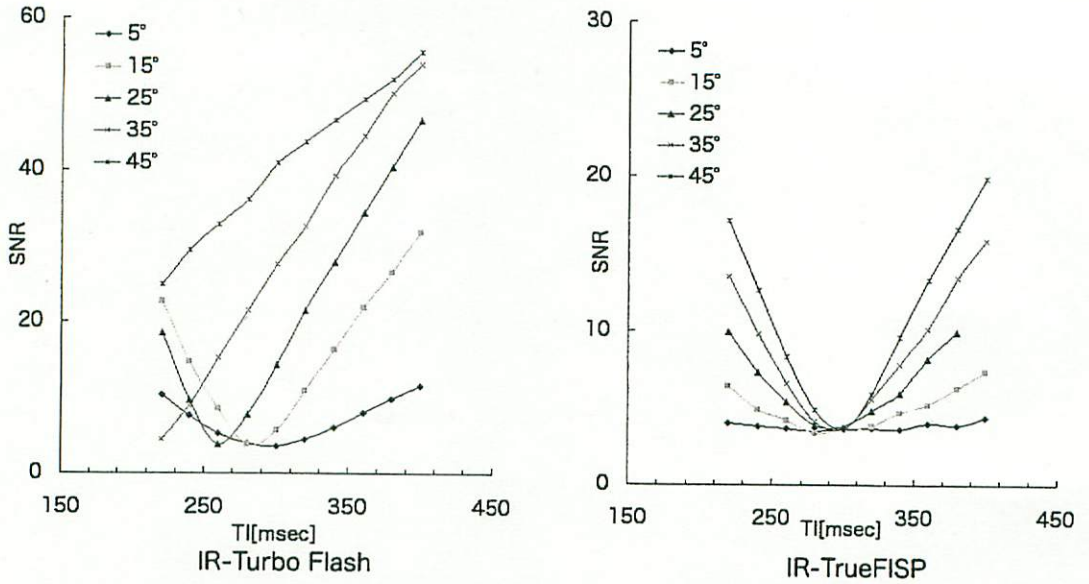


Fig. 4 ファントム内領域Mにおいて、Flip Angle を変化させたときの、TI と SNR の関係

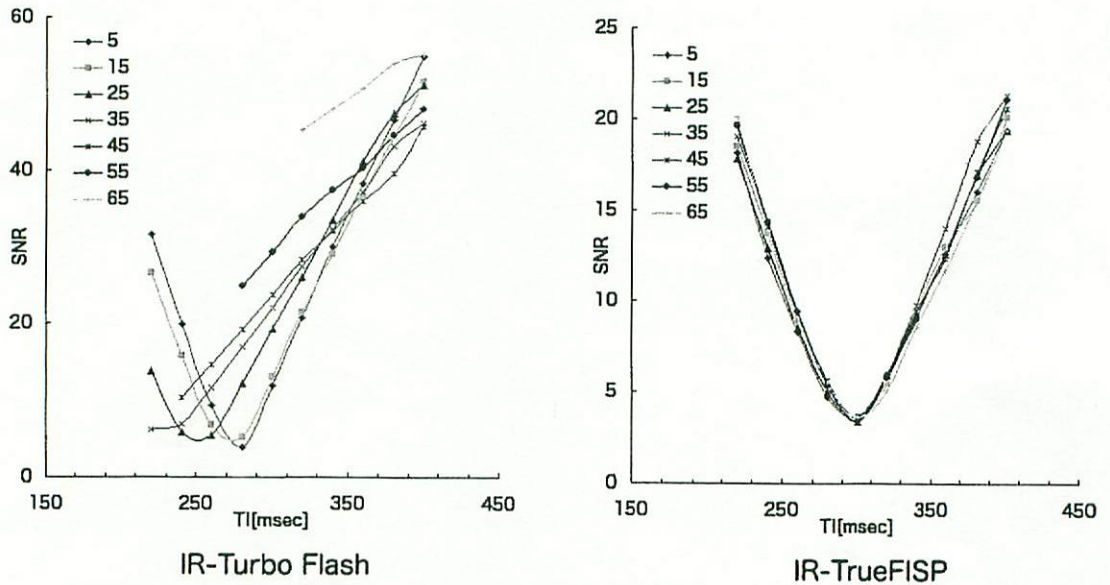


Fig. 5 ファントム内領域Mにおいて、Segment 数を変化させたときの、TI と SNR の関係

IV-3. Flip Angle について

Flip Angle を変化させることによって IR-Turbo Flash ではコントラストのみならず、SNR が最も低くなる TI も変化した。このことにより、IR-Turbo Flash を用いた検査において途中で Flip Angle を変更することは、正常心筋の Null ポイントが変わってしまうということを留意しておかなければならない。IR-TrueFISP においては、Null ポイントが移動しないのでコントラスト調整のパラメータとして容易に使用することができる。

IV-4. Segment 数について

Segment 数とは画像のデータ収集の際、k 空間で

のデータをいくつかの領域に分割 (Segment 化) するとき用いるパラメータである⁹⁾。Segment 化することにより、息止め時間内で心位相の時間分解能を高くすることができる。Fig. 7 に R-R 間隔 750 msec、Phase Matrix 256 における Segment 数と撮像時間の関係を示す。Segment 数を多く設定することによって撮像時間が短くなるが、IR-Turbo Flash においては、Segment 数によって正常心筋の Null ポイントおよびコントラストが変化することを留意しておかなければならない。

IV-5. シーケンスの使い分け

CNR において IR-Turbo Flash が優れているが、

Flip Angle や Segment 数を変化させると正常心筋の Null ポイントが変化してしまうために、検査中にパラメータ変更を行う際は注意が必要となる。特に息止めが困難な患者の場合、撮像時間を短くしようとむやみに Segment 数を増やすと正常心筋の Null ポイントが変化するだけでなくコントラストも落としてしまう可能性がある。Fig. 8 に息止めが困難な患者において IR-Turbo Flash, IR-TrueFISP それぞれで撮像した画像を示す。IR-Turbo Flash では息止め不良によるボケが生じているが、IR-TrueFISP では鮮明に撮像することができた。IR-TrueFISP は Segment 数の変化によって正常心筋の Null ポイントおよびコントラストに変化がないため、息止め困難な患者において有用である。

V. 結 語

今回、自作ファントムを用いて IR-Turbo Flash, IR-TrueFISP について比較検討した。心筋遅延造影



Fig. 6 IR-Turbo Flash, IR-TrueFISP それぞれを用いて、正常心筋と異常心筋の CNR を測定した結果

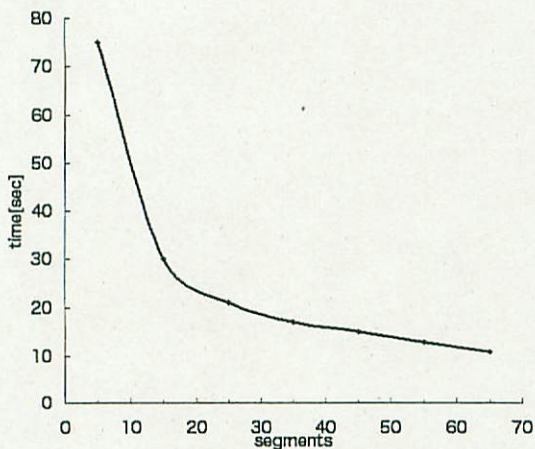


Fig. 7 R-R間隔 750 msec, PhaseMatrix 256 における Segment 数と撮像時間の関係

MRI において、IR-Turbo Flash を用いて撮像することにより CNR の高い画像を得ることができた。また、息止め困難な患者においては IR-TrueFISP を用いて撮像することが有用であることが示唆された。

文 献

- 1) 佐久間肇：心臓領域における MRI 用造影剤の実際の使用方法，日本医放会誌，62(12)，682，2002
- 2) MR 撮像技術学，日本放射線技術学会，66，2001
- 3) 打越将人，植田隆史，錦成郎，他：TrueFISP における流速と信号強度に関する基礎的検討，日放技学誌，59(12)，1529-1530，2003
- 4) MR 撮像技術学，日本放射線技術学会，161，2001



Fig. 8 息止めが困難な患者において IR-Turbo Flash, IR-TrueFISP それぞれで撮像した臨床画像

要 旨

心筋遅延造影 MRI は心筋バイアビリティ評価において有用性が高く、心臓 MRI のルーチン検査として行われている。今回、ファントムを作成し IR-Turbo Flash, IR-TrueFISP について比較検討した。IR-Turbo Flash を用いて撮像した方が高い CNR となったが、息止めが困難な患者においては撮像時間を短くできる IR-TrueFISP を用いた方が有用であった。

抜冊請求先：杉森博行

078-8510

旭川市緑が丘東 2 条 1 丁目 1-1

旭川医科大学病院 放射線部

TEL: 0166-65-2111