

MRI 用経口「両性」消化管造影剤としてのフェリセルツを用いた dual-contrast MRCP の基礎的検討

高橋光幸¹, 高原太郎¹, 徳田政道¹, 栗原泰之²

¹国家公務員共済組合連合会横浜栄共済病院放射線科 ²聖マリアンナ医科大学放射線医学教室

はじめに

クエン酸鉄アンモニウム（フェリセルツ，大塚製薬）は，MRI 用経口陽性消化管造影剤として，1993 年に本法で臨床応用可能になった^{1)~5)}．一方高原らは，12 倍濃度のフェリセルツが陰性造影効果を呈することを見だし⁶⁾，MRCP における消化管信号の抑制に効果があることを報告した^{7),8)}．しかし最近，従来より低い 3 倍濃度のフェリセルツ溶液 200 ml を投与して胃・十二指腸に充満させる方法を考案し，two (dual)-contrast 法として臨床応用を試みた⁹⁾．すなわち long TE (1200 ms) の MRCP においては胃・十二指腸の信号を抑制し，逆に short TE (100 ms) の MRCP においては胃・十二指腸を積極的に陽性描画する方法である．しかし，撮像の至適条件については未だ検討されていない．

今回我々は dual-contrast 法における，フェリセルツ溶液濃度と至適撮像シーケンスパラメータとの関係につき基礎的な検討を行ったので報告する．

方 法

(1) ファントム

ファントムとして生食水，3 種類のフェリセルツ溶液を用いた．Dual-contrast 法原法⁹⁾においては 3 倍濃度のフェリセルツ溶液を使用した，体内で胃液により希釈される可能性を考え，1.5 倍と 1.0 倍溶液についても計測を行った．各々のクエン酸鉄アンモニウム濃度は，5.97 (1 倍)，8.96 (1.5 倍)，17.91 mmol/l (3 倍) である．各ファントムの T₁, T₂ 値を Table 1 に示す．T₁ 値の測定は IR 法を用い¹⁰⁾，TI を 50 ms~2500 ms まで変化させ 13 点プロットして求めた．T₂ 値は SE 法を用い¹⁰⁾，TE を 11 ms~300 ms まで変化させ 12 点プロットして求めた．

(2) 使用装置と撮像法

使用装置は超伝導 MRI 装置 SIGNA Advantage RP (1.0 T) ver 5.5.2 (GE 横河) である．撮像は fast-SE 法，fast-IR 法 2 種類のパルス

Table 1. T₁ and T₂ Value of Various FerriSeltz Solution

Phantom	T ₁ Value (ms)	T ₂ Value (ms)
1x FAC water solution	321	240
1.5x FAC water solution	207	157
3x FAC water solution	100	91
Saline	2418	1277

キーワード contrast media, MRCP, ferric ammonium citrate, fast-SE, dual-contrast

シーケンスを用いた。TRは7000 msとした。effective TE (以下 eff TE) は52 ms から512 ms まで約52 ms ずつ変化させ、10種類の撮影を行った。Echo space (以下 ES) は eff TE が52 から416 ms までが13 ms, 465, 512 ms においてはそれぞれ15, 16 ms である。ES は装置により自動的に決定されるため、等間隔の eff TE を設定することはできなかった。Fast-IR 法の TI 値は150 ms を用いた。Fast-SE 法においては chem SAT 法を併用し、脂肪を抑制した。他の収集シーケンスパラメータはエコー数32, 視野サイズ24×24 cm, スライス厚10 mm, 収集マトリックス256×128, 加算回数1, 受信バンド幅64 KHz である。コイルは head coil を使用した。

(3) 評価方法

Dual-contrast MRCP の条件として、short TE においてフェリセルツが高信号 (陽性造影効果) を示し、long TE において低信号 (陰性造影効果) を示すことが必要である。前者の条件として水の信号強度の1/2 以上の信号強度を示すこと、後者の条件では生食水の信号強度の1/10 以下の信号強度を示すことと定義し、

各シーケンスにおける至適 TE 値を求めた。定義に用いた1/2 以上, 1/10 以下の各数値は、事前に視覚的に決定した。条件を満たす至適 TE 値は、定義で示す相対信号強度に近い値を示した2点の TE 値から、1次の近似を行って求めた。この後、求めた値に最も近い、装置で設定可能な TE を用いて再度撮影を行い、実際に条件に適合するかどうかを検討した。

結 果

生食水の信号強度に対する各ファントムの相対信号強度比を Fig. 1a (Fast-SE), b (Fast-IR) に示す。

(1) 3倍濃度液

① Fast-SE 法において陽性造影剤として使用可能な eff TE は75 ms 以下であった。陰性造影剤として使用可能な eff TE は208 ms 以上であった。

② Fast-IR 法において陽性造影剤として使用可能な eff TE は55 ms 以下であった。陰性造影剤として使用可能な eff TE は202 ms 以上であった。

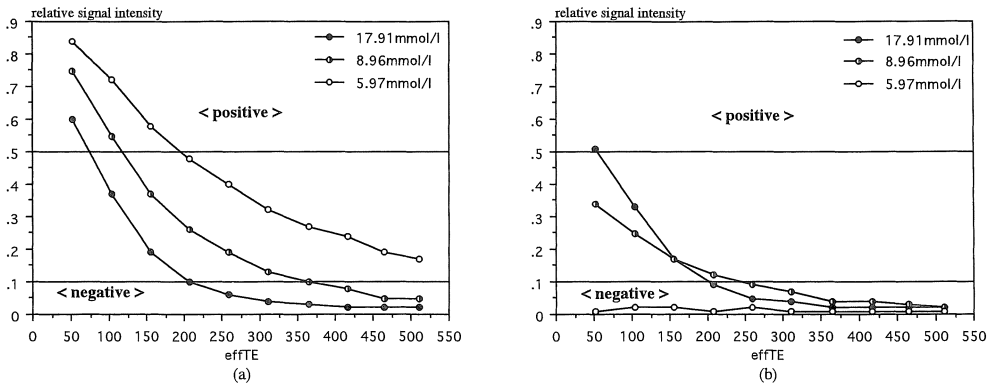


Fig. 1. Relative signal intensity of various Ferri Seltz solution for saline on Fast SE (a) and Fast IR (b) sequence. The <positive> zone is higher than 0.5, and <negative> zone is lower than 0.1 in relative signal intensity.

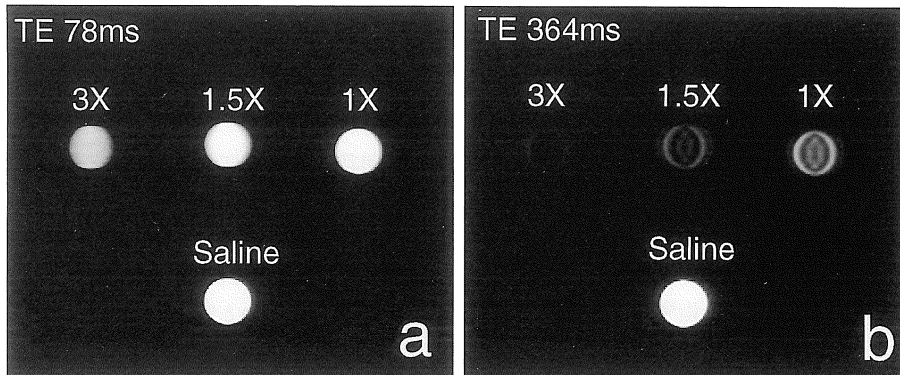


Fig. 2. The images of Ferri Seltz phantoms obtained with 78 ms (a) and 364 ms (b) in TE on fast spin echo sequence.

(2) 1.5 倍溶液

① Fast-SE 法において陽性造影剤として使用可能な eff TE は 118 ms 以下であった。陰性造影剤として使用可能な eff TE は 364 ms 以上であった。

② Fast-IR 法において陽性造影剤として使用可能な eff TE は存在しなかった。しかし陰性造影剤としては eff TE 243 ms 以上で使用可能であった。

(3) 1 倍溶液

① Fast-SE 法において陽性造影剤として使用可能な eff TE は 198 ms 以下であった。陰性造影剤として使用可能な eff TE は存在しなかった。

② Fast-IR 法において陽性造影剤として使用可能な eff TE は存在しなかった。陰性造影剤としてはすべての eff TE が条件を満たした。

以上から、3 倍濃度溶液に関しては fast-SE 法、fast-IR 法共に使用可能と考えられた。

1.5 倍濃度溶液に関しては、fast-SE 法は使用可能だが、fast-IR 法は使用不可能であると思われた。また 3 倍濃度、1.5 倍濃度の両者に対して使用可能な fast-SE の条件は、short TE 側（陽性造影効果）が 75 ms 以下、long TE 側（陰性造影効果）が 364 ms 以上と考えられた。1 倍濃度溶液では、fast-SE 法、fast-IR 法

Table 2. Relative Signal Intensity of Various FerriSeltz Solution with 78 ms and 364 ms in TE on Fast Spin Echo Sequence

Effective TE	3x	1.5x	1x
78 ms	0.51	0.66	0.77
364 ms	0.03	0.09	0.22

ともに条件を満たさなかった。これをもとに、eff TE 78 ms, eff TE 364 ms で再度撮影を行った。この結果を Fig. 2, Table 2 に示す。short TE 側は、装置で 75 ms が設定不可能だったため、最も近い値である 78 ms を用いた。この結果、生食水に対する相対信号強度は eff TE 78 ms における 3 倍濃度液が 0.51, eff TE 364 ms における 1.5 倍濃度液が 0.09 であり、近似の結果と良く一致した。

考 察

MRCP の元画像を最大値投影法で全体表示する際、高信号を呈する胃・十二指腸内容液により胆管描出が妨げられる場合があるが、12 倍濃度のフェリセルツ溶液により消化管内の信号を抑制することが可能である^{6)~8)}。一方、逆に十二指腸が描出された画像も病変診断には

必須である。従って本法を施行する場合には、フェリセルツ投与前（十二指腸描出）と投与後（十二指腸抑制）の2回の撮像が必要である⁷⁾。しかし、消化管内容液の量は症例により差があり、投与前に胃・十二指腸がほとんど描出されない場合もある。このため高原らは3倍濃度のフェリセルツ溶液 200 ml を投与することにより、short TE の MRCP では、消化管内容の多少にかかわらず胃・十二指腸を積極的に陽性描画する一方、long TE の MRCP では従来通り消化管信号を抑制する方法（two(dual)-contrast 法⁹⁾）を考案し、従来の MRCP において不十分だった十二指腸のスクリーニングに用いている。しかし、long TE MRCP に用いている TE 値は 1200 ms と非常に長く、S/N の点でより短い TE 値を使用することが望まれる。また MRCP のシーケンスとしては、fast SE 法その他 fast-IR 法も用いることが可能である。今回我々はこの点に注目し、至適撮像条件の基礎的検討を行った。

その結果、3倍濃度溶液に対しては fast-SE 法、fast-IR 法共に使用可能であるが、1.5倍濃度溶液に対しては fast-IR 法は不適と考えられた。もし投与した 200 ml の3倍溶液が希釈されないならば両者共に使用可能であると思われるが、実際にはある程度消化管内で希釈されることが予想されるため、dual-contrast 法には fast-SE 法が適していると考えられた。今回の撮像はファントム実験のみであり、実際に胃液等で希釈された溶液の pH までは考慮されていない。これを無視して仮定する場合、今回求めた条件（short TE 側で 75 ms 以下、long TE 側で 364 ms 以上）は、投与した 200 ml の溶液が倍の 400 ml に希釈されても有効となり、汎用性は高いと思われる。実際にどの程度消化管内溶液で希釈されるかについては不明であるため、今後検討の余地があると思われる。

加藤¹¹⁾らは fast-IR 法を用い、各種フェリセルツ濃度ファントム（1倍から18倍）における消化管信号除去条件の検討をおこなった結

果、通常濃度（1倍）のフェリセルツファントムにおいても eff TE 208 ms において消化管信号は抑制され、MRCP 検査に有用であると報告している。

今回我々の検討においても加藤らの報告と同様な結果が long TE の検討において得られた。しかし、今回検討した TE の範囲内では陽性造影効果を得ることは出来ず、dual-contrast 法には適していないと考えられる。

結 語

Dual-contrast MRCP の至適撮影シーケンスは fast-SE 法であり、陽性造影効果用として TE 75 ms 以下、陰性造影効果用として 364 ms 以上が適当と考えられた。

謝 辞

稿を終えるにあたり、ご協力を頂いた当院放射線科技師の方々に謝意を表します。

文 献

- 1) 古賀けい子, 中村順二, 中村利夫, 三浦 徹: クエン酸鉄アンモニウムを主成分とした新しい経口消化管造影剤の MRI 信号強度増強効果について. 日磁医誌 1990; 10: 114-121
- 2) 渡部徳子, 中村順二, 中村利夫, 飯塚利明: MRI 用経口消化管造影剤の開発のための基礎研究: クエン酸第二鉄アンモニウムによる緩和効果. 日磁医誌 1990; 10: 521-527
- 3) 吉川宏起, 大友 邦, 河村康孝, 他: MRI 用経口消化管造影剤 (OMR-12200) の臨床第Ⅱ相試験成績. 診断と治療 1991; 79: 1913-1922
- 4) 志賀淑子, 河村康孝, 岩崎俊子, 他: 経口造影剤クエン酸鉄アンモニウムによる上腹部 MRI 診断能の検討. 日磁医誌 1991; 11: 182-188
- 5) 廣橋伸治, 打田日出夫, 田中三世子, 他: 臨床第Ⅲ相試験成績からみた MRI 用経口消化管造影剤 (OMR) の診断的有用性. 診断と治療 1992; 80: 168-178

- 6) 高原太郎, 吉川達生, 佐伯光明, 野坂俊介, 下山田和裕, 中島康雄, 石川 徹: MRI 用経口消化管陰性造影剤としての高濃度フェリセルツに関する研究. 日本医放会誌 1995; 55: 425-426
- 7) 高原太郎, 佐伯光明, 野坂俊介, 下山田和裕, 末光一三, 中島康雄, 吉川達生, 石川 徹: 陰性造影剤としての高濃度フェリセルツを用いた MR cholangiography の画質改善. 日本医放会誌 1995; 55: 697-699
- 8) Takahara T, Kasahara T, Tani I, Kurihara Y, Nakajima Y, Ishikawa T: Efficacy of negative bowel contrast agent in suppression of high intensity intestinal fluid on single shot MR-cholangiopancreatography (MRCP). In proceeding of 5th Scientific Meeting of the Society for Magnetic Resonance in Medicine Vancouver 1997: 940
- 9) 高原太郎, 石崎尚子, 吉川達生, 他: MRI 用経口消化管造影剤の臨床応用. 映像情報 1996; 28: 1439-1447
- 10) 三森文行, 西原祥子, 荒田洋治: NMR の原理, 日本磁気共鳴医学会, NMR 医学—基礎と臨床—, 2 版, 東京: 丸善, 1991; 15-39
- 11) 加藤丈司, 川村義彦, 伊藤公一郎: クエン酸鉄アンモニウム製材を用いた消化管信号除去の実験的検討. 日本放射線技術学会雑誌 1996; 52: 1287-1291

Fundamental Evaluation of the Dual Contrast MR Cholangiopancreatography Method with Ferric Ammonium Citrate as a Positive and Negative Contrast Agent

Mitsuyuki TAKAHASHI¹, Taro TAKAHARA¹, Masamichi TOKUDA¹,
Yasuyuki KURIHARA²

¹Department of Radiology, Yokohama Sakae Kyosai Hospital
132 Katsura, Sakae, Kanagawa 247

²Department of Radiology, St. Marianna University

A highly concentrated solution of ferric ammonium citrate (Ferri Seltz, Otsuka Pharmaceuticals) can be used as a negative bowel contrast agent for MR cholangiopancreatography (MRCP). Recently, we found that a moderately concentrated solution (3×) can be used not only as a negative contrast agent on long TE sequences, but also can be used as a positive contrast agent on short TE sequences. We named this technique the “Dual contrast MRCP method”. The purpose of the present study is to optimize the sequence and TE value of the dual contrast MRCP method.

Varying concentrations of Ferriseltz solution (3×, 1.5×, 1×) and saline were examined using a 1.0 T unit. Fast SE and fast IR sequences with various TE values were applied. Solutions for which the signal intensity relative to that for saline is larger than 0.5 are defined as positive contrast agents, and those for which the signal intensity relative to saline is less than 0.1 are defined as positive contrast agents.

With the moderately concentrated solution (3×), both fast SE and fast IR sequences can be used for the two contrast method. With the low concentration solution (1.5×), only fast SE is useful. On the basis of these findings, fast SE is considered as a suitable sequence for the dual contrast method. Suitable values for TE are considered to be less than 75 ms for positive contrast and greater than 364 ms for negative contrast.