

MR 用経口造影剤の比較検討 —マンガン製剤と鉄製剤の信号強度と上腹部造影効果—

藤田 修

大阪医科大学附属病院中央放射線部

はじめに

経静脈性造影剤を用いることなく、胆嚢や総胆管、膵管を描出することができる MR cholangiopancreatography (MRCP)¹⁾は、今やなくてはならない MRI (magnetic resonance imaging) 検査法の一つとなっている。MRCP が徐々に普及し始めたのは HASTE (half-Fourier single-shot turbo spin-echo), RARE (rapid acquisition with relaxation enhancement), FASE (fast advanced spin echo), SSFSE (single shot fast spin echo) など single shot 系シーケンスがリリースされた 1995 年頃で、これにより障害陰影となる消化管信号を消すための陰性造影剤を必要とする声が高まった。この一方法として高濃度のフェリセルツ (FerriSeltz, 以下: F.S., 主成分: クエン酸鉄アンモニウム (ferric ammonium citrate), 大塚製薬)^{2)~7)}を用いる方法が高原らにより提唱されていた⁸⁾が、その後 10 年あまりが経ち塩化マンガン四水和物 (manganese chloride tetrahydrate) を主成分とする MRCP 用陰性経口造影剤の“ボースデル内容液 10 (Bothdel oral solution 10 以下: B.D., 協和発酵・明治乳業)”が 2006 年 9 月に発売となった⁹⁾。この薬剤は T₁ 強調画像 (T₁WI) で陽性造影効果を示し、T₂ 強調画像

(T₂WI) では陰性造影効果を示すという両方の造影効果が得られる特徴を有している。

目的

新しいマンガン製剤の B.D. (陰性造影剤) と以前より発売されている鉄製剤の F.S. (陽性造影剤) との信号強度と造影効果を比較するため、ファントムを用いた信号強度測定実験と造影剤飲用後の上腹部造影効果について検討を行った。

方法

方法 1. ファントムの信号強度測定: B.D. は原液を 100% とし水で希釈して 10% ごとに 0~100% の試料を作成した。F.S. は 1 包濃度を 100% とし 10% ごとに 0~100%, および高濃度での使用例もあることから 100% ごとに 0~1200% (12 包濃度) までの試料を作成した。これらをそれぞれ直径 10 mm, 長さ 120 mm のアクリルスピッツに入れ、水で満たした樹脂製容器内にすべてのスピッツを固定配置し、body coil を用いて撮像を行った。得られた画像よりそれぞれのスピッツ断面内に直径約 7 mm の円形 ROI をとり、信号強度を測定し造

キーワード magnetic resonance imaging (MRI), oral contrast agent for MRI, manganese, negative contrast agent, MR cholangiopancreatography (MRCP)

造影濃度との関係を求めた。撮像は当院で上腹部検査に用いられている以下(A)~(F) 6種類のシーケンスを用いた。(A) MRCP (thick slice SSFSE), (B) thin slice SSFSE, (C) FSE T₂WI, (D) FSPGR (fast spoiled gradient recalled acquisition in the steady state) T₁WI, (E) FIESTA (fast imaging employing steady state acquisition), (F) DWI (diffusion weighted image)。撮像条件を Table 1 に示す。ただし、() 内数値は方法 2 の値を示す。

方法 2. 上腹部造影効果の比較：検査前 3 時間絶飲食の患者に対し B.D. (原液：100%濃度, 250 ml), F.S. 1 包 (100%濃度, 300 ml) および F.S. 2 包 (200%濃度, 300 ml) の 3 種の造影剤をそれぞれ飲用後、Cardiac Coil を用いて横断像を得た。得られた画像の胃内造影剤と腹腔臓器 (肝臓, 膵臓, 脾臓), および造影剤との比較対照部位として、T₂強調画像で最も低信号の筋肉 (脊柱起立筋) と、T₁強調画像で最も高信号の腹腔内脂肪にそれぞれ直径約 6~10 mm の ROI をとり信号強度を測定した。次に同一スライスのバックグラウンドノイズの標準偏差を測定し、胃内造影剤と各臓器の

SNR (signal to noise ratio) を求めた。SNR は各臓器の信号強度をバックグラウンドノイズの標準偏差で割った値を用いた。バックグラウンドノイズの測定位置は、画像直近の平行レイメーキング展開によるマスキング処理がされていない位置とした。“陰性造影効果”と“陽性造影効果”の判定は以下に示す(1), (2)二つの方法より行った。(1)各造影剤飲用被験者群と腹腔臓器との SNR 平均値比較：3 種類の胃内造影剤と腹腔臓器の SNR 平均値を比較し“胃内造影剤の SNR < 腹腔臓器の SNR”の場合を陰性造影効果と判定し、“胃内造影剤の SNR > 腹腔臓器の SNR”の場合を陽性造影効果と判定した。両者の SNR 平均値の統計学的検討には部位の 2 群比較による repeated measured ANOVA 検定を用いた。(2)個々の被験者の SNR 比による判定：被験者全員の胃内造影剤と腹腔臓器との SNR 比 (胃内造影剤の SNR ÷ 腹腔臓器の SNR) を求めこの値が 1.0 より低いものを陰性効果とし、高いものを陽性造影効果と判定した。被験者数は食餌残渣が多かった症例を除く B.D. : 20 名, F.S. 1 包濃度 : 13 名, F.S. 2 包濃度 : 20 名で検討した。ただし (E) FIES-

Table 1. Parameters of MR Scanning

	(A) MRCP (Thick Slice SSFSE)	(B) Thin slice SSFSE	(C) FSE T ₂ WI	(D) FSPGR T ₁ WI	(E) FIESTA	(F) DWI
TR/TE (ms)	∞/698	∞/103	2000/82.6	120/4.2	4.5/2.0	4400/80.9
FOV (mm)	280 (280~400)	280 (280~400)	280 (280~400)	280 (280~400)	280 (280~400)	280 (480~480)
Slice thickness (mm)	10(6)	10(6)	10(6)	10(6)	10(6)	10(5)
Matrix	256×256 (256×256)	256×256 (256×192)	256×256 (320×192)	256×256 (256×224)	256×256 (224×288)	256×256 (128×128)
Flip angle (degree)	n/a	n/a	n/a	80	75	n/a
B value (s/mm ²)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	800
Number of excitation	0.56	1	1	1	1	6(4)
Scan time (s)	1	1	20	24	9	106(141)

() : method-No. 2

2008 年 5 月 2 日受理 2008 年 11 月 27 日改訂

別刷請求先 〒569-8686 大阪府高槻市大学町 2-7 大阪医科大学附属病院中央放射線部 藤田 修

TA は B.D. : 15 名, F.S. 1 包濃度 : 7 名, 2 包濃度 : 10 名で検討した. 撮像は方法 1 と同じ 6 種のシーケンスを用い, すべて ASSET (array spatial sensitivity encoding technique, reduction factor: 2) を併用した. ただし, 感度補正用画像フィルタは用いなかった. Table 1 に撮像条件を示す. 使用装置は方法-1, 2 共 GE 社製 SIGNA EXCITE HD Echo Speed Plus 1.5T を用いた.

使用薬剤の組成, 性状, 飲用量

B.D. の主成分は塩化マンガン四水和物で, 1 パック (250 ml) 中に 36 mg (マンガンとして 10 mg) が含まれている. 液状のためそのまま

飲用が可能で, 1 検査につき 1 パック飲用する. F.S. の主成分はクエン酸鉄アンモニウムで, 1 包 3 g 中に 600 mg (鉄として 100 mg) が含まれている. 粉末および結晶の散薬で通常成人に 1 包を 300 ml の水に溶かし経口投与し, 必要に応じて 2 包まで増量することができる.

結 果

1. ファントムの信号強度測定

Fig. 1 にファントム画像 2 例とスピッツの配置図を示す. B : SSFSE の F.S. 高濃度域においてアーチファクトの発生が認められ (黒矢印), C : DWI では大きな画像歪が発生した (白矢印). B.D. では発生しなかった. Fig. 2 に信号

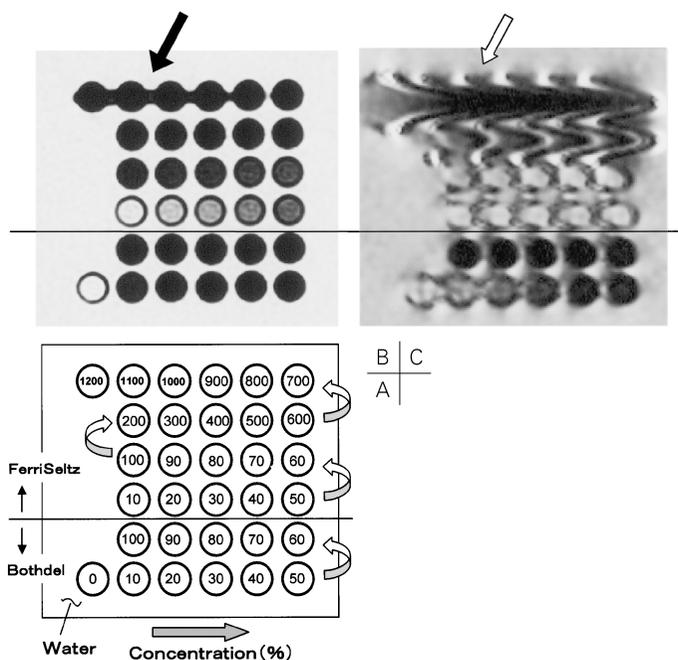


Fig. 1. Layout of spitzs and example of phantom image

A : Layout of spitzs B : SSFSE ($\infty/698$ ms) C : DWI

Bothdel and FerriSeltz were individually diluted with water and put in position in order of concentrations shown in A and an image was taken for 6 sequences. High level of FerriSeltz caused artifact (black arrow) and skewed image (white arrow), while Bothdel did not cause them.

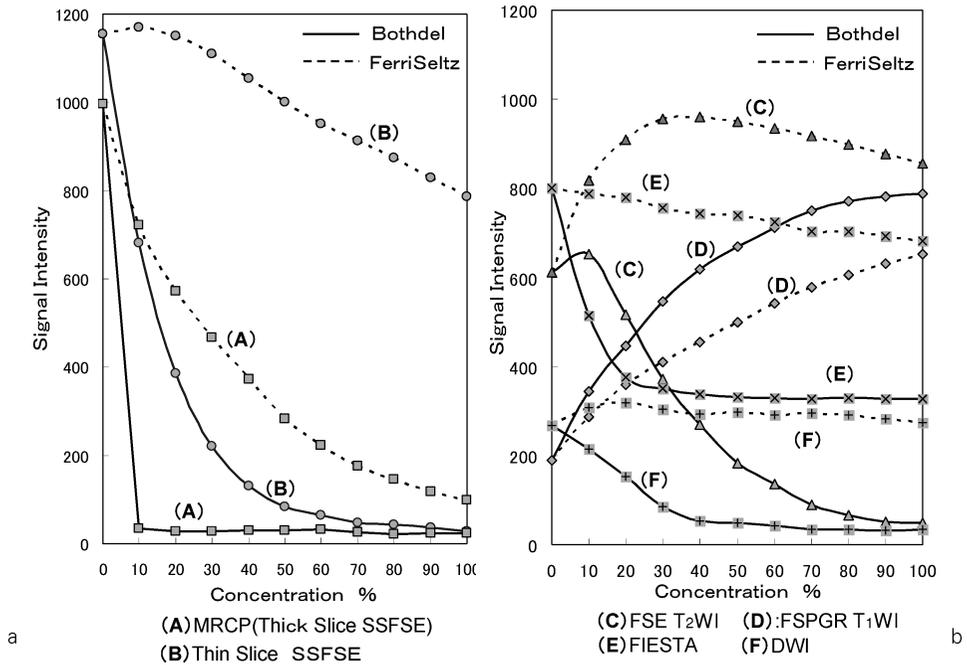


Fig. 2. Signal intensity change in phantom for Bothdel and FerriSeltz diluted with water (a) shows the measurement result of single shot fast spin echo (SSFSE) used for MRCP imaging and (b) shows the measurement result of other sequences. In T₂-weighted images of (A) to (C), Bothdel showed large decrease of signal with potent moderating effect as the concentration became higher compared with FerriSeltz. In T₁-weighted image of (D), signal intensity increased with increase of concentrations of both Bothdel and FerriSeltz.

強度測定グラフを示す. SSFSE シーケンス (A), (B)を(a)に示し, 他のシーケンスを(b)に示した. (A)~(C)の T₂強調画像シーケンスでは, B.D., F.S. とも低濃度域で一度上昇するか, 又は水 (0%) を最大値として濃度が高くなるにつれて低下した. 信号低下は(A) > (B) > (C)の順になり, T₂強調が強いシーケンスの方が弱いシーケンスに比べ信号が低下した. また, これらのシーケンスのすべてで B.D. は, F.S. より信号強度が低下し緩和効果が強いことが示された. 特に B.D. の(A) MRCP では 10%濃度で最小信号まで低下した. T₁強調画像の(D) FSPGR では B.D., F.S. とも濃度が高くなるにつれて信号強度も高くなった. 両者の信号強度は B.D. > F.S. となり T₁強調画像にお

いても B.D. の緩和効果が F.S. より強いことを示した. (E) FIESTA では F.S. は濃度が高くなるにつれてやや信号低下し, B.D. は 30%までは急激に低下し, さらに濃度が高くなるにつれて徐々に低下した. (F) DWI では F.S. は濃度が高くなっても水と同程度の信号値で変化はないが, B.D. では約 40%濃度で最小信号に達しそれ以後変化はなかった. 次に高濃度 F.S. (0~1200%) の測定結果を Fig. 3 に示す. (A) MRCP は 200%, (B) Thin slice SSFSE は 900%, (C) FSE T₂WI は 1200%でそれぞれ最小信号値を示した. (D) FSPGR はおよそ 800%まで信号が上昇しプラトーに達した.

2. 上腹部造影効果の比較

(1)各造影剤飲用被験者群と腹腔臓器との

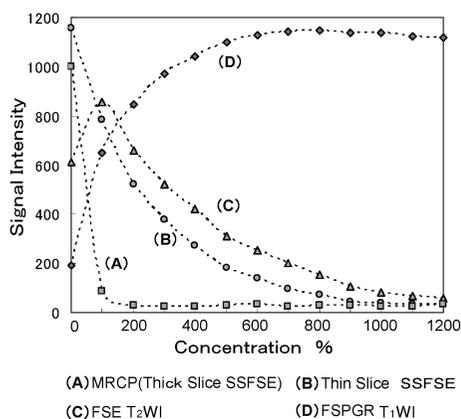


Fig. 3. Signal intensity change by high level of FerriSeltz

As there is an example of using high levels exceeding the normal amount of use (2 packs), signal change from 0% (water) to 1200% (level of 12 packs) was measured. As signal intensity changed similarly to that in (A) to (D) of Bothdel in Fig. 2, in order to obtain potent moderating effect comparable to that of Bothdel (100%), FerriSeltz must be made to high levels far exceeding the normal amount of use.

SNR 平均値比較：胃内造影剤および各臓器の SNR 平均値グラフを Fig. 4 に示す。a~c (a: B.D., b: F.S. 100%, c: F.S. 200%) は 3 種類の胃内造影剤の SNR 平均値を示し、d~h は全被験者の肝臓、膵臓、脾臓、筋肉、腹腔内脂肪の SNR 平均値を示す。B.D. は (A) MRCP, (B) Thin slice SSFSE, (C) FSE T₂WI, (F) DWI で“胃内造影剤の SNR < 腹腔臓器の SNR”となり陰性造影効果を示し、(D) FSPGR T₁WI, (E) FIESTA で“胃内造影剤の SNR > 腹腔臓器の SNR”となり陽性造影効果を示した。F.S. は 1 包、2 包濃度とも (F) DWI で陰性造影効果を示したが、他のシーケンスではすべて陽性造影効果を示した。それぞれの有意差検定を行ったところ、すべての比較において統計的有意差が認められた ($p < 0.0112^* \sim 0.0001^{**}$)。Table 2 に統計学的検討の結果を示す。(2) 個々の被験者の SNR 比による判定：結果を Fig. 5

に示す。SNR 比が 1.0 より低い場合は陰性造影効果を示し、1.0 より高い場合は陽性造影効果を示す。a: B.D., b: F.S. 1 包, c: F.S. 2 包の 3 種類の造影剤を飲用した各被験者群は、(A) ~ (F) のシーケンスにおいて各群の全員が 1.0 より低いか、又は高いかいずれかの値を示し、“陰性”と“陽性”の造影効果が混在することはなかった。陰性造影効果を示したシーケンスは B.D. では (A) MRCP, (B) Thin slice SSFSE, (C) FSE T₂WI, (F) DWI で、F.S. 1 包、2 包では (F) DWI となった。陽性造影効果を示したのは B.D. では (D) FSPGR T₁WI, (E) FIESTA で、F.S. 1 包、2 包では (A) MRCP, (B) Thin slice SSFSE, (C) FSE T₂WI, (D) FSPGR T₁WI, (E) FIESTA となった。これらの結果は(1)の判定結果とすべて一致した。(1), (2)より得られた造影効果判定結果一覧表を Table 3 に示す。Fig. 6 に腹部横断画像例を示す。左列の B-1~5 に B.D. を、右列の F-1~5 に F.S. を配置した。

考 察

当院では 1992 年の MRI 検査中に経口栄養剤のエンシュア・リキッド（明治乳業）に陽性造影効果があることを偶然に発見し、この原因がマンガン (Mn) であることを突き止めた¹⁰⁾。翌 1993 年にはブルーベリージュース（多くの Mn を含む）の濃度を高くした場合は陰性造影効果が得られ、低くした場合は陽性造影効果が得られることなどを本学会で発表した^{11)~13)}。このマンガンによる造影効果の研究がその後発展し、新しい MRCP 用陰性経口造影剤の“B.D.”が開発された。本研究の目的は以前より発売されている“鉄”を用いた“F.S.”と“マンガン”を用いた“B.D.”との造影効果の違いを明らかにすることにある¹⁴⁾。

Fig. 1 において画像のゆがみやアーチファクトが緩和効果の強い B.D. には現れなかったのに対し、緩和効果の弱い F.S. に発生した。こ

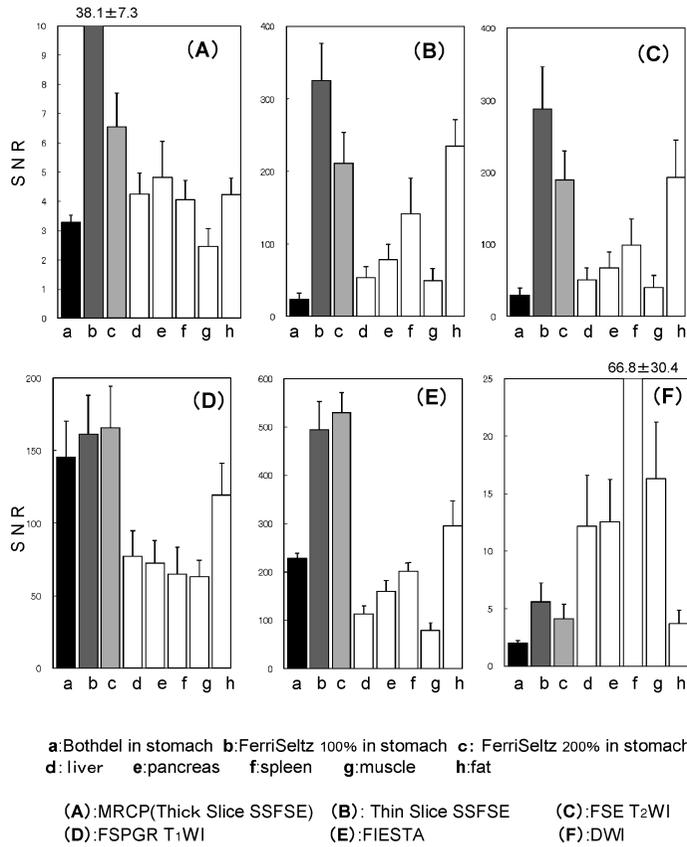


Fig. 4. Comparison between signal to noise ratio (SNR) of gastrointestinal contrast agent and SNR in intra-abdominal organs after taking oral contrast agents

The contrast effect was assessed as negative when SNR of the gastrointestinal contrast agent (a to c) was lower than SNR in the intra-abdominal organs (liver, pancreas and spleen) (d to f) and assessed as positive when SNR of the gastrointestinal contrast agent was higher than SNR in the intra-abdominal organs. Bothdel showed a negative contrast effect in (A), (B), (C) and (F) and a positive contrast effect in (D) and (E). FerriSeltz 100% and FerriSeltz 200% showed a negative contrast effect only on the diffusion-weighted image in (F) and in all the other sequences, a positive contrast effect was observed.

の原因として単位容積中に含まれる金属（金属イオン）の量が関係していると考えられる。B.D. のマンガン含有量は、100 ml 当たり 4.0 mg となるのに対して、F.S. 1 包濃度の鉄含有量は 100 ml 当たり約 33.3 mg となり、B.D. の約 8 倍の量が含まれている。F.S. 2 包濃度で

は 16 倍、12 包濃度では 96 倍となる。このように金属濃度が高くなることによってサセプタビリティーの影響を強く受け、メタルアーチファクトが発生したと考えられる。また、Fig. 3(A)~(C)の高濃度 F.S. の最小信号値は Fig. 2 の B.D. (A)~(C)の 100%濃度と同程度の最

Table 2. P-value Table

contrast agent	C.A in stomach-organ (CA : contrast agent)	(A) MRCP	(B) Thin slice SSFSE	(C) FSE T ₂ WI	(D) FSPGR T ₁ WI	(E) FIESTA	(F) DWI
Bothdel	C.A in stomach-Liver	P<0.0008**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**
	C.A in stomach-Pancreas	P<0.0008**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0002**	P<0.0001**
	C.A in stomach-Spleen	P<0.0112*	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0026*	P<0.0001**
FerriSeltz 100%	C.A in stomach-Liver	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**
	C.A in stomach-Pancreas	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0002**
	C.A in stomach-Spleen	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**
FerriSeltz 200%	C.A in stomach-Liver	P<0.0002**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0004**
	C.A in stomach-Pancreas	P<0.0068*	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**
	C.A in stomach-Spleen	P<0.0002**	P<0.0010**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0001**	P<0.0017*

repeated measured ANOVA * : P<0.05 ** : P<0.001

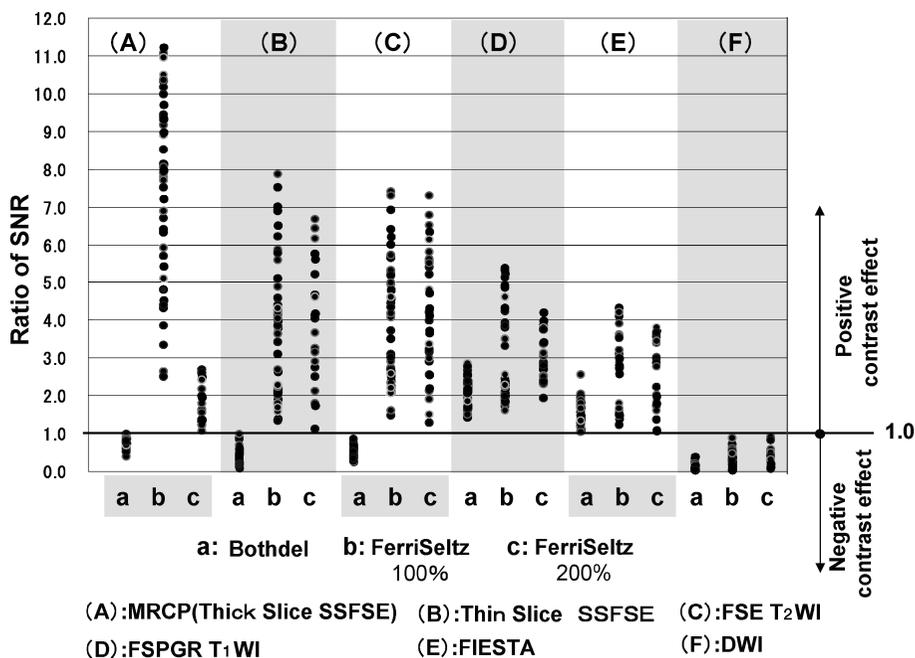


Fig. 5. Assessment by SNR in individual subjects

Ratio of SNR of the gastrointestinal contrast agent to SNR in the intra-abdominal organs (SNR of the gastrointestinal contrast agent ÷ SNR in the intra-abdominal organs) was calculated in all the subjects and cases with SNR ratio<1.0 were assessed to have negative contrast effect and cases with SNR ratio>1.0 were assessed to have positive contrast effect. Negative contrast effect was observed in (A), (B), (C) and (F) for Bothdel and in (F) for FerriSeltz 100% and FerriSeltz 200% and in all the other sequences, positive contrast effect was observed.

Table 3.

	Negative contrast effect	Positive contrast effect
Bothdel	(A) MRCP (Thick Slice SSFSE) (B) Thin Slice SSFSE (C) FSE T ₂ WI (F) DWI	(D) FSPGR T ₁ WI (E) FIESTA
FerriSeltz 100% FerriSeltz 200%	(F) DWI	(A) MRCP (Thick Slice SSFSE) (B) Thin Slice SSFSE (C) FSE T ₂ WI (D) FSPGR T ₁ WI (E) FIESTA

All the subjects in individual groups respectively taking 3 types of contrast agent, that is, Bothdel, FerriSeltz 100% and FerriSeltz 200% showed either a negative contrast effect or a positive contrast effect in the sequences of (A) to (F).

小信号値を示したことから、これらの T₂強調画像シーケンスにおいて、F.S. の濃度を 200～1200%まで高めることによって B.D. と同程度の低信号が得られることが確認された。

結果 1 から明らかなように B.D. は F.S. に比べて単位容積当たりの金属濃度が低いにもかかわらず、極めて強い緩和効果があることが実証された。この原因を考えるにはまず両者に含まれる常磁性金属の水溶液中の存在状態を知る必要がある。既出の論文により B.D. 中に含まれる塩化マンガンは水溶液中でそのほとんどが遊離状態の二価のマンガンイオン (Mn²⁺) として存在している^{9),15)}。また F.S. 中のクエン酸鉄アンモニウムは多量体を形成し、鉄原子は錯体などの状態として実験誤差範囲内ですべて三価の鉄イオン (Fe³⁺) として存在していることが確かめられている⁵⁾。Mn²⁺ と Fe³⁺ の水和金属イオンの水和水との交換速度¹⁶⁾を比較すると Mn²⁺ : 10⁷ k/s⁻¹ に対して Fe³⁺ : 10² k/s⁻¹ と大きな違いがあり、Mn²⁺ イオンに配位するとされる 6 個の水分子の交換速度は鉄よりも約 10 倍速いとされている^{17),18)}。これに対

し F.S. の Fe³⁺ イオンはクエン酸でキレートされているため、aquo 錯体の時より交換速度がさらに遅くなっているのではないかと考えられる¹⁹⁾。また、Mn²⁺ と Fe³⁺ は 3d 軌道にそれぞれ 5 個の電子をもちスピン量子数はそれぞれ S=5/2 であるが、Mn²⁺ は高スピン状態 (S=5/2) となり溶媒である水に対して周囲の核スピンに及ぼす影響が大となるが、Fe³⁺ は環境により低スピン (S=1/2) を選ぶことが知られている²⁰⁾。以上の理由により Mn²⁺ は Fe³⁺ に比べ緩和効果が強い原因となっていると考えられる。

上腹部造影効果の比較において B.D. は Fig. 4 の T₂強調画像 ((A)～(C)) で筋肉 (g) と同程度の低い SNR を示した。特に (A) MRCP シーケンスにおいて SNR の極めて低い腹腔臓器よりもさらに低い SNR を示したことは、MRCP 用の陰性造影剤としてバックグラウンド信号の除去効果に優れていることを示している。また、T₁強調画像の (D) FSPGR では SNR が腹腔臓器よりも高く、腹腔内脂肪 (h) と同程度の高信号の陽性造影効果を示すことから

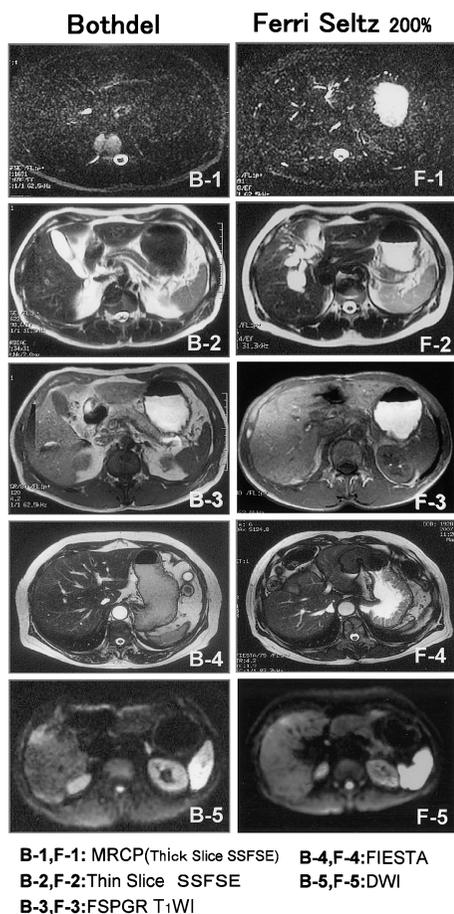


Fig. 6. Axial image of the upper abdomen after intake of oral contrast agent Bothdel was put in position in B-1 to B-5 in the left row and FerriSeltz 200% was put in position in F-1 to F-5 in the right row. B-1, B-2, B-5 and F-5 show negative contrast effect with signal intensity of intragastric contrast agent lower than that in the surrounding organs. B-3, B-4 and F-1 to F-4 showed positive contrast effect due to higher signal intensity of the gastrointestinal contrast agent than that in the surrounding organs.

消化管と周辺臓器との識別に有用であり，“陰性・陽性”の両性の性質を備えている造影剤であることが確認された。(E) FIESTAでは肝臓や脾臓よりも少し高いSNRを示すため、中

庸な信号強度の陽性造影剤として使用が可能である。また、このシーケンスは血管が高信号に描出されることから、消化管と血管との識別にも優れるという利点も備えている。一方F.S.は(F) DWIで陰性造影効果を示したが、他のシーケンスではすべて陽性造影効果を示すため、MRCP用の経口陰性造影剤としては適していない。常磁性体金属を用いたMR造影剤の信号強度は、濃度や撮像条件を変えることにより大きく変化し造影効果にも影響を与えるが、今回用いた本院における撮像条件での検討において以上の結果を得た。Fig. 7にMRCPの臨床画像例を示す。B.D.は胃、十二指腸、空腸が低信号となり陰性造影効果を示しているが、F.S.2包濃度では胃が低信号になったが完全に消えることはなかった。F.S.は陽性造影剤として作られているため処方内最大の濃度でもB.D.のように完全な陰性造影効果を示すことはなかった。2倍を超える高濃度の使用において陰性造影剤として機能するとの報告もあるが、処方内の使用方法ではないため本研究では高濃度F.S.の検討は行っていない。これらのことよりB.D.がT₂強調画像では陰性造影効果を示し、T₁強調画像では陽性造影効果を示す造影剤として、またF.S.が陽性造影剤として市販されていることと矛盾しない。

結 語

今回検討に用いた撮像条件において、B.D.は緩和効果が強くMRCPやT₂強調画像、DWIで陰性造影剤として、またT₁強調画像、FIESTAで陽性造影剤として機能することが確認された。F.S.は1,2包濃度ではDWIにおいて陰性造影剤として機能するが、他のシーケンスでは陽性造影剤として機能することが確認された。

本稿の要旨は第35回日本磁気共鳴医学会大会(2007.9神戸)において発表した。

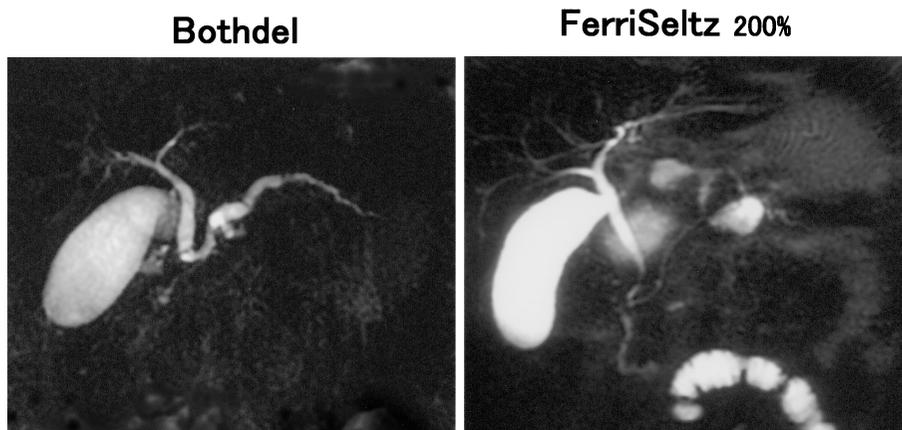


Fig. 7. Example of MRCP image
Bothdel exhibits negative contrast effect with fading intragastric signal. FerriSeltz 200% (level of 2 packs) exhibited positive contrast effect without fading intragastric signal.

文 献

- 1) Outwater EK, Gordon SJ : Imaging the pancreatic and biliary ducts with MR. *Radiology* 1994 ; 192 : 19-21
- 2) Wesby GE, Brasch RC, Engelstad BL, et al. : Nuclear magnetic resonance contrast enhancement study of the gastrointestinal tract of rats and a human volunteer using nontoxic oral iron solution. *Radiology* 1983 ; 149 : 175-180
- 3) Wesby GE, Brasch RC, Goldberg HI, et al. : Dilute oral iron solutions as gastrointestinal contrast agents for magnetic resonance imaging : initial clinical experience. *Magn Reson Imaging* 1985 ; 3 : 57-64
- 4) 古賀けい子, 中村順二, 中村俊夫, 三浦 巖 : 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
- 5) 渡部徳子, 中村順二, 中村俊夫, 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
- 6) 廣橋伸治, 内田日出夫, 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
- 7) 志賀淑子, 川村泰孝, 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 : 182-187
- 8) 高原太郎, 吉川達生, 佐伯光明, 他 : 陰性造影効果としての高濃度フェリセルツに関する研究. *日医放会誌* 1995 ; 55 : 425-426
- 9) 長谷川秀夫, 藤田 修, 平石久美子, 他 : 遊離マンガンイオン(Mn^{2+})を用いた MRI 用経口造影剤の基礎研究. *日放技学誌* 1996 ; 52 : 1627-1632
- 10) 藤田 修, 平石久美子, 田中康敬, 他 : エンシュア・リキッドを用いた経口造影剤の検討(第1報). *日磁医誌* 1992 ; 12(Suppl 1) : 257
- 11) Fujita O, Hiraishi K, Fujino M, et al. : Research of MRI new oral agent for abdomen using blue berry juice. *J Jpn Radiol Technol* 1994 ; 12 : 302-312
- 12) 平石久美子, 相模昭彦, 久田洋一, 他 : 上腹部 MRI におけるブルーベリージュースの経口造影硬化についての臨床的検討. *日磁医誌* 1994 ; 14 : 201-209
- 13) Hiraishi K, Narabayashi I, Fujita O, et al. : Blueberry juice : preliminary evaluation as an oral contrast agent in gastrointestinal MR imaging. *Radiology* 1995 ; 194 : 119-123
- 14) 藤田 修, 平石久美子, 杉信義人, 他 : MR 用経口造影剤の基礎研究—マンガン製剤と鉄製剤

- との比較— 日放技学誌 1996, 52 : 1613-1618
- 15) 山本良郎, 長谷川秀夫 : 磁気共鳴画像(MRI)用経口造影剤の成分. Foods Food Ingredients J 1993 ; 158 : 102-119
- 16) Merbach AE : Use of high pressure kinetic studies in determining inorganic substitution mechanisms. Pure & Appl Chem 1987 ; 59 : 161-172
- 17) Bernheim RA, Brown TH, Gutowsky HS, et al. : Temperature dependence of proton relaxation times in aqueous solutions of paramagnetic ions. J Chem Phys 1959 ; 30 : 950-956
- 18) Koenig SH : A novel derivation of the solomon-bloembergen-morgan equations : application to solvent relaxation by Mn^{2+} -protein complexes. J Magn Reson 1978 ; 31 : 1-10
- 19) Swift TJ, Connick RE : NMR-relaxation mechanisms of O^{17} in aqueous solutions of paramagnetic cations and the lifetime of water molecules in the first coordination sphere. J Chem Phys 1962 ; 37 : 307-320
- 20) 桜井 弘 : 生体関連遷移金属イオンの ESR. J Act Oxy Free Rad 1992 ; 3 : 466-477

Comparison of Oral Manganese and Iron Contrast Agents for Signal Intensity and Contrast Effect in the Upper Abdomen

Osamu FUJITA

*Central Department of Radiology, Osaka Medical College
2-7 Daigaku-cho, Takatsuki-shi, Osaka 569-8686*

We compared the effects of Bothdel (contrast agent with amphoteric character using manganese) and FerriSeltz (positive contrast agent using iron), oral contrast agents for magnetic resonance (MR) imaging, by measuring signal intensity in a phantom and contrast effect in the upper abdomen. Bothdel had a far more potent relaxation effect than did FerriSeltz and caused no distortion or artifact on T_2 -weighted and diffusion-weighted images in the phantom, whereas FerriSeltz caused both. Signal intensity of contrast agents for MR using paramagnetic metal is known to be greatly affected by changes in concentration and MR scanning parameters. In our comparison of contrast effect in the upper abdomen under the parameters of MR scanning, Bothdel showed negative effect on T_2 -weighted image and positive effect on T_1 -weighted image.