

短 報

Magnetic Resonance Imaging (MRI) による胸管撮像

柏崎総合医療センター、放射線科；放射線技師

丸田 洸太郎、五十嵐 翔太

目的：Magnetic Resonance Imaging（以下 MRI とする）装置を使用し、MRI 胸管撮像 Magnetic Resonance Thoracic Ductography（以下 MRTD とする）のシーケンスを確立する。そして確立したシーケンスにて、乳び胸患者の胸管の走行を描出し、アンギオ下胸管塞栓術のための画像的サポートとする。

方法：胸管の解剖や破格、また乳び胸について知識を得る。撮像シーケンスとして Spin Echo 法（以下 SE 法とする）、Fast Advanced Spin Echo 法（以下 FASE 法とする）、併用シーケンスとして脂肪抑制 Short TI Inversion Recovery（以下 STIR とする）、Time-Spatial Labeling Inversion Pulse（以下 Time-SLIP とする）について理解を深める。実験として、健康者ボランティア 1 名に協力してもらい、撮像条件を変えて胸管を撮像する。そして 13 名の診療放射線技師によって視覚評価を行い、胸管の描出に最も優れたシーケンスを確立する。

結果：実効 TE 値を変化させることで、胸管の描出能も変化していった。また、脂肪抑制 STIR や Time-SLIP の併用における描出能の変化も観察できた。

結論：MRTD のシーケンスを確立した。そして確立したシーケンスにて、実際の患者の撮像を行い、アンギオ下胸管塞栓術のための画像的サポートとすることができた。

キーワード：胸管、Magnetic Resonance Thoracic Ductography (MRTD)、実効 TE 値

緒 言

胸管はリンパ系の主幹で、下半身と左上半身のリンパを集める、太いリンパ管のことを言う。乳び胸とは胸管から胸腔へリンパ液が漏出することで起こる。機序としては、食道がん手術において直接胸管損傷で起こる場合や、中心静脈圧が上昇することによって、胸管から静脈系への流入が障害され起こる場合がある。乳び胸により、呼吸困難や栄養不良、脱水、免疫能低下の症状を来すが、対する治療として保存療法、外科的手術、アンギオ下塞栓術などがある。

胸管は破格が多く、その走行は複数のパターンが存在している(2)。そのため、治療を行うためには、ある程度胸管の走行や胸水の漏出部を確認することが望ましい。

今回、乳び胸患者のアンギオ下胸管塞栓術の準備と

して、MRTD の撮像依頼を受けたため、そのための撮像条件について検討した。シーケンスは、SE 法ベースの FASE 法(1)を用いた。FASE 法とはエコーファクタを増やし、一回の励起で、全てのエコー収集を可能にした、超高速撮像法であり、Magnetic Resonance Cholangio Pancreatography（以下 MRCP とする）(1)などでよく用いられるものである。

撮 像 方 法

1. 使用装置、前処置、撮像体位、撮像条件を以下の通りに示す。

1) 使用装置

Canon 1.5T Vantage Titan

2) 前処置

・撮像 1 時間前に水を 300 mL 飲む。
・リンパ液を胸管内に停滞させるため、鎖骨上窩をアンギオロールとタオルで圧迫(図 1)。

3) 撮像体位

・ボランティア 1 名の体格は 170 cm、60 kg
・背臥位。また撮像時間が長くなるため、できるだけ被験者が、楽な姿勢で寝ていられるよう手を下げ、膝の下に三角枕を置いた(図 2)。
・呼吸同期併用。

4) 撮影条件

表 1 のシーケンスパラメータを基準とし、実効 TE、脂肪抑制の有無、Time-SLIP の有無による変化を比較する。

① 実効 TE 値を 100、250、500、750、1000 msec と変化させ胸管を撮像。

② 各実効 TE 値に、脂肪抑制 STIR を追加して撮像。

③ ①、②の結果、一番評価の高いシーケンスに、Time-SLIP を追加して撮像。

結 果

STIR 無し、実効 TE 値のみを変化させた画像(図 3)では、実効 TE 値が長くなるにつれ、背景の脂肪成分の信号が落ち、胸管の描出が良くなっているように見られたが、実効 TE 値 1000 msec では黒つぶれしているように見えた。

STIR 有り、実効 TE 値のみを変化させた画像(図 4)では、STIR 無しと比較すると、さらに背景の脂肪成分が抑制されているが、実効 TE 値 750 msec 以上では黒つぶれが目立った。また、STIR 無しでは 1 本の胸管のように見えたが、STIR 有りでは、より周囲信号を抑制

し、胸管は2本に分岐しているように見えた。

視覚評価の結果では、STIR無しで最も評価が高かった条件は、実効TE値が750msであった(表2、図5.)。STIR有りでも最も評価が高かった条件は、実効TE値が500msecであった(表3、図6.)。また、双方の条件でも最も評価が高かったのはSTIR有りの実効TE値500msecとなった。評価が高かった二つのシーケンスに、Time-SLIPを追加し撮像すると、TAG領域内(図7の点線内の領域)の水成分である、胸管の信号が強く出ており、胸管の2本に分岐が明瞭かつ、より太く描出できた(図7)。

またTime-SLIP有り同士、STIR無し、有りの2つの比較では、どちらも胸管が良く描出されており、STIRの有無で差が無いように見られた。

考 察

STIR無しで、実効TE値を変化させた画像(図3)では、実効TE値を長くするにしたがってT2値の長い胸管の水成分を強調し、周囲脂肪組織、大動脈とのコントラストが明瞭化した(3、4)。また、肩部は脂肪を落とし過ぎない分、STIR有りよりも明瞭であった。実効TE値が短くなるとボケ感が増すのは、背景信号がでてきていることと、k-spaceの中心を埋めるエコー順番が小さく、AFI領域が広くなり、S/Nが悪くなるのが原因と考えられる(1)。実効TE値1000msecになると黒つぶれから、描出不良となった。長すぎる実効TE値では、総エコーファクタが増え、最終TE値も長くなることから、Blurring、S/N低下によって、理論的にも不適切な実効TE値であり、視覚評価では実効TE値は750msecが最良であった。

STIR有り、実効TE値を変化させた画像(図4)では、STIR無しよりもコントラストの強さが顕著になった(3、4)。また、肩部より下位レベルでは、胸管の2本分岐を描出できており、良好であったが、肩部は不明瞭であった。STIRの効果にて、無しの場合に比べ、最適な実効TE値は小さい値となり、500msecとなった。

STIR無し、Time-SLIP無し、有りの比較(図3.dと図7.a)では、Time-SLIP有りの方が胸管は太く、2本描出できた。理由として、Time-SLIPのMove Out法による非選択的IRパルスの効果で背景信号が落ち、さらにTAGの部分の高信号化であると考えられる。しかし、Time-SLIP有りの方は、肩部などTAG以外の胸管の描出は不良であった。

STIR有り、Time-SLIP無し、有りの比較(図4.cと図7.b)も同様に、Time-SLIP有りの方が胸管が太く、はっきりと描出できた。

Time-SLIP有り、STIR無し、有りの比較(図7.aとb)であまり変化がなかったのは、双方が非選択的IRパルスの効果で背景信号が抑制されるためであると考えられる。

Time-SLIPを併用することで、全体的に描出能は良くなった。また、非選択的IRパルスの効果で、胸水貯留のある患者への、胸水信号抑制にも効果を発揮できると考えられる。更に、胸管外リンパ液漏出がある患者に対しては、Out-Flowとしての描出を期待できると考える。よって胸水貯留がある場合や、胸管外リンパ液漏出が疑われる場合では、Time-SLIPを併用する。

当院では、胸管の撮像条件は実効TE値500msec、STIRを追加したシーケンスで行い、胸水貯留や胸管外リンパ液漏出が疑われる場合では、さらにTime-SLIPを併用し撮像することが最適と考える(表4)。実際の乳び胸患者におけるMRTDでは、確立したシーケンスにより胸管を描出し、アンギオ下胸管塞栓術のサポートができた(図8)。

文 献

1. キヤノンメディカルシステムズ アプリケーション サポートサービス. URL:<https://ccweb.jp.medical.canon>
2. 奥田逸子、中島康雄、平田和明. MRIによる胸管の描出(発生的見地からの胸管形態の分析). 臨床解剖研究会記録 2010;(10):8-9.
3. 眞本雄也、横手堯彦、瀬藤隆司. MRTDにおける、最適パラメーターの検討. Tokushima Red Cross Hospital Medical Journal 2015;(20):137-40.
4. 長田浩二、山下洋典、宮崎美津恵. FASE法による胸管撮像の検討. 日本放射線技術学会雑誌 2004;60(2):286-92.

英 文 抄 録

Brief report

Thoracic Ductography by Magnetic Resonance Imaging (MRI)

Department of radiology, Kashiwazaki General Medical Center; radiological technologist
Kotaro Maruta, Shota Igarashi

Objective: Establish a sequence of MRI thoracic duct imaging Magnetic Resonance Thoracic Ductography (MRTD) using a Magnetic Resonance Imaging (MRI) device. Then, in the established sequence, the running of the thoracic duct of the chylothorax patient is visualized and used as an image support for thoracic duct angio embolization.

Study design: Learn about thoracic duct anatomy, exceptionalness, and chylothorax. Deepen understanding of Spin Echo method (SE method) and Fast Advanced Spin Echo method (FASE method) as imaging sequences, and fat suppression Short TI Inversion Recovery (STIR) and Time-Spatial Labeling Inversion Pulse (Time-SLIP) as combined sequences. As an experiment, the thoracic duct is imaged by changing the imaging conditions with the cooperation of one healthy volunteer. A visual evaluation is then performed by 13 radiological technologists to establish the best sequence for depiction of the thoracic duct.

Results: By changing the effective TE value, the ability to visualize the thoracic duct changed. In addition, changes in visualization ability were also observed when the fat suppression STIR and Time-SLIP were

used in combination.

Conclusion : Established MRTD sequence. Then, in the established sequence, the actual patient was imaged and could be used as an imaging support for tho-

racic duct angio embolization.

Key words : Thoracic duct, Magnetic Resonance Thoracic Ductography (MRTD), Effective TE value



図1. 被験者の MRTD 撮影時の姿
鎖骨上窩をアンギオロールとタオルで圧迫した。

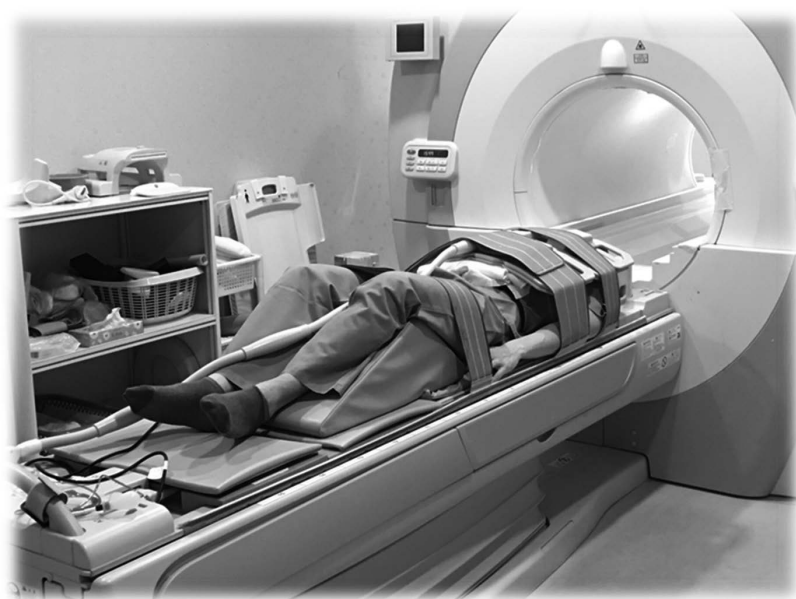


図2. 被験者の MRTD 撮影時の体勢
楽な姿勢で寝ていられるよう手を下げ、膝の下に三角枕を置いた。

表 1. 実験時の MRTD のシーケンス

Sequence	FASE3D+8.5_sl
ets	8.5 msec
同期	Respiratory
TR	3000~6000 msec
実効 TE	100, 250, 500, 750, 1000 msec
FA/Flop	90/160
脂肪抑制 STIR	ON (TI 値: 240)/OFF
FOV	36 × 36cm
Matrix	256/320
スライス厚/スライス枚数	2 mm/50枚
Shot 数	1
SPEEDER Factor	2
積算回数	2
再構成	1 mm Step 高分解能再構成 ON
撮像時間	7 分弱
Time-SLIP	ON (Move-Out BBTI 値: 2400msec)/OFF



a. 実効 TE 値 : 100 msec



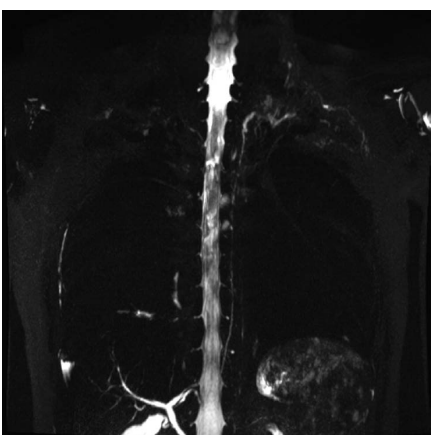
b. 実効 TE 値 : 250 msec



c. 実効 TE 値 : 500 msec



d. 実効 TE 値 : 750 msec

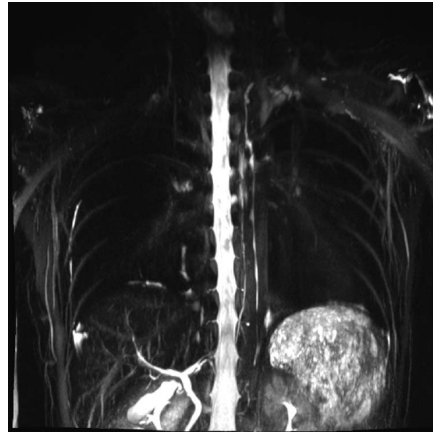


e. 実効 TE 値 : 1000 msec

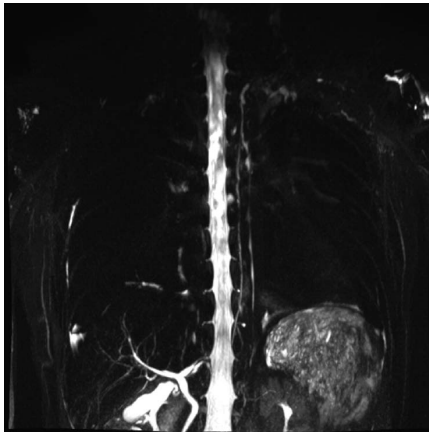
図3. STIR無し、実効TE値を変化させた画像



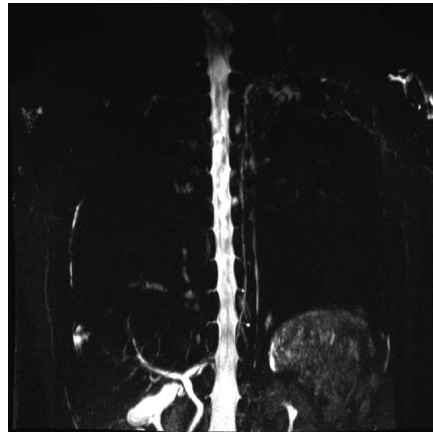
a. 実効 TE 値 : 100 msec



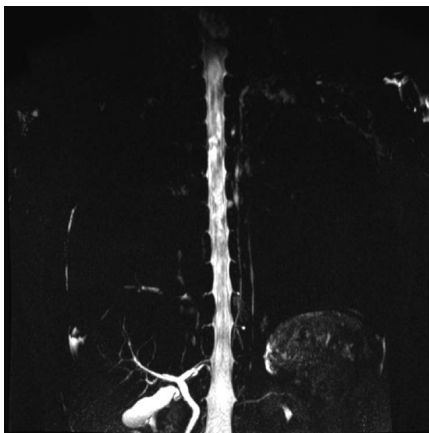
b. 実効 TE 値 : 250 msec



c. 実効 TE 値 : 500 msec



d. 実効 TE 値 : 750 msec



e. 実効 TE 値 : 1000 msec

図 4. STIR 有り、実効 TE 値を変化させた画像

表2. STIR無し、実効TE値を変化させた画像、視覚評価の結果

STIR：無し						
TE \ 点	0	1	2	3	4	合計
100	12	1				1
250		10	3			16
500		1	6	5	1	32
750			2	9	2	39
1000		2	9	2		26



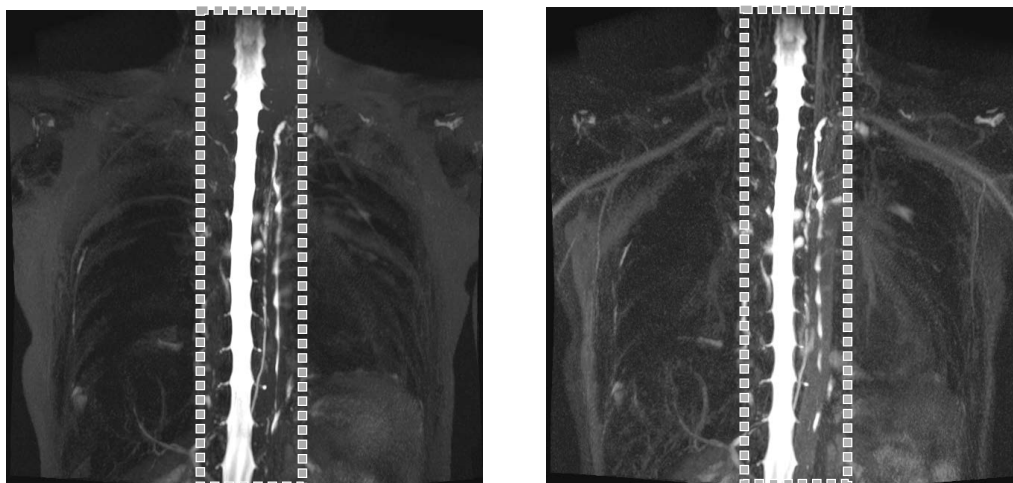
図5. STIR無し、実効TE値を変化させた画像、視覚評価の結果

表 3. STIR 有り、実効 TE 値を変化させた画像、視覚評価の結果

STIR : 有り						
TE \ 点	0	1	2	3	4	合計
100	9	4				4
250		1	1	8	3	39
500			1	8	4	42
750		1	7	3	2	32
1000		4	8	1		23



図 6. STIR 有り、実効 TE 値を変化させた画像、視覚評価の結果



a. 実効 TE 値 : 750 msec STIR 無し b. 実行 TE 値 : 500 msec STIR 有り

図 7. 各条件に、Time-SLIP を追加した画像
点線で囲まれた領域は、Time-SLIP の TAG 領域内を示す。

表 4. 確立した MRTD のシーケンス

Sequence	FASE3D+8.5_slit
ets	8.5 msec
同期	Respiratory
TR	3000~6000msec
実効 TE	500msec
FA/Flop	90/160
脂肪抑制 STIR	TI 値 : 240
FOV	36×36 cm
Matrix	256/320
スライス厚/スライス枚数	2 mm/50枚
Shot 数	1
SPEEDER Factor	2
積算回数	2
再構成	1 mm Step 高分解能再構成 ON
撮像時間	7分弱
Time-SLIP	Move-Out
BBTI	2400msec

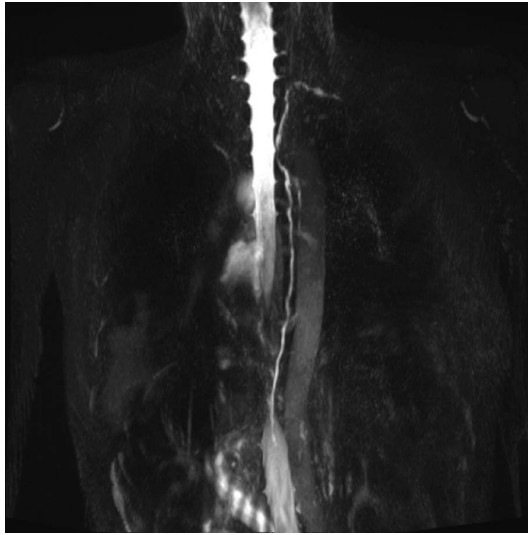


図 8. 確立したシーケンスにて撮像した、乳び胸患者の胸管

本論文で使用した略語一覧と用語定義一覧表

AFI 領域	Advanced Fourier Imaging	位相エンコード方向の約半分以上のデータをもとに、k 空間データの複素共役対称性を利用し不足分のデータを補い、再構成された領域
ets	Echo Train Spacing	エコー間隔
FA/Flop	Flip Angle/Flop Angle	RF パルスによって原子核を励起させる角度/エコー収集時にかけるパルス角度
FASE 法	Fast Advanced Spin Echo 法	SE 法、FastSE 法をベースとして、エコーファクタを増やして、一回の励起で全てのエコー収集を可能にした、超高速撮像法
FOV	Field Of View	撮像領域
MRCP	Magnetic Resonance Cholangio Pancreatography	胆汁や膵液など、体内に存在する静止状態に近い水系を高精度に画像化する手法
MRI	Magnetic Resonance Imaging	核磁気共鳴画像法
MRTD	Magnetic Resonance Thoracic Ductography	MRI 胸管撮像
SE 法	Spin Echo 法	90°パルスを照射後、180°パルスを照射して MR 信号を収集する方法
S/N	Signal To Noise Ratio	信号雑音比
STIR	Short TI Inversion Recovery	水プロトンと脂肪プロトンの緩和時間の差を利用する非選択的脂肪抑制法
TE 値	Echo Time	エコー時間
Time-SLIP	Time-Spatial Labeling Inversion Pulse	TAG にて選択された血液などを、ある一定時間後 FASE や TrueSSFP で撮像する方法
TR 値	Repetition Time	繰り返し時間
実効 TE 値	Effective TE	90°パルスから、k-space の中心を埋めるエコー信号までの TE
Blurring		画像的なボケ
k-space		生データ (MR 信号) を保存しておく場所
Matrix		画素数
Move Out 法		選択 IR パルスを印加した領域から、流出してくる物質を Out-Flow としてとらえる手法
Shot 数		マルチショットで設定する値。 Shot 数が多いほど分解能は上がるが、撮像時間は長くなる
SPEEDER Factor		複数の要素コイルをもつ RF コイルを使用することで、撮像時間を短縮する技術
T2値		90°パルス印加直後の信号強度から1/eまで減衰するのに要する時間
T2Blurring		ETL の増大によって、画像上に生じるボケ
エコーファクタ		1 回の TR の間に作られたエコー数
スライス厚/スライス枚数		1 枚の画像の厚み/撮像した画像の枚数
積算回数		スキャン回数
非選択的 IR パルス		水と脂肪の緩和時間の差を利用した反転回復パルス