

3T MRI装置を用いた Body DWIへの取り組み

Body DWI Initiatives Using 3T MRI

落合礼次¹⁾ Reiji Ochiai / 小野真矢²⁾ Shinya Ono

成田 浩³⁾ Hiroshi Narita

1) 医療法人社団 如水会 今村病院 放射線科

2) 医療法人社団 如水会 今村病院 診療技術部画像診断科

3) 株式会社日立製作所 営業統括本部



落合礼次

ABSTRACT

Body DWI検査は、一般的に3Tよりも1.5TのMRI装置のほうが安定した画質を取得できる。

当院は3T MRI装置の一台で全身の検査を行うため、この装置でBody DWIを得るための改善を行った。

検討項目は脂肪抑制の手法やパラメータの最適化、および信号ノイズ比、アーチファクトなどの画質改善項目とした。

これら画質改善により、検討前に比較し良好な結果が得られた。

It is generally acknowledged that body DWI is more reliably performed at 1.5T MRI than at 3T MRI. Our hospital made a number of improvements on a 3T MRI system to use it for whole-body imaging to obtain body DWI images. This study targeted optimization of fat suppression techniques and parameters and also included improvements in signal-to-noise ratio while minimizing artifacts to enhance image quality. These image quality improvements produced favorable results compared to those obtained prior to the study.

Key Word: Body DWI, Artifact, Fat Suppression

1. はじめに

Body DWI (Diffusion-weighted Imaging) 検査は全身の検査が可能で、病変の検出や治療効果判定等に利用されつつある。一般的に3Tよりも1.5TのMRI装置のほうが安定した画質を取得できる。これは画像計測にEPI-DWIを使用するため、3Tのほうが磁化率変化の影響を受けやすい。また、病変の感度を上げるために脂肪抑制を併用するが、ケミカルシフトやB0不均一、B1不均一に伴い、単一の脂肪抑制法だけでは不十分となるためである。さらにBody DWIでは画像を複数取得し、画像結合を行い長尺の画像を作成する。そのため、各画像において磁場中心から離れた部分における画像歪みの影響や、各画像の輝度調整といった補正が重要である。当院は3T MRI装置の一台体制でルーチン検査から救急対応まで行っており、3T MRIで安定したBody DWI画像を得るための改善を行ったので報告する。

2. 目的

株式会社日立製作所製3T MRI装置を用いBody DWIの画質向上と安定化を目的とした。

3. 方法

使用機器は株式会社日立製作所製3T MRI装置TRILLUM OVAL^{*}で検討前の撮像条件は、DW EPI、b=1000、3軸、TR: 4000msec、TE: 70msec、TI: 200msec、FOV: 500mm、RFOV: 50% IET: 0.61msec、NSA: 4、Matrix: 4*4*4mmであり、以下の①～⑥を検討した。

- ① 画像結像時のつなぎ目対策
- ② B1への工夫
- ③ パラレルイメージングにおける展開不良への対策
- ④ モーションアーチファクトへの対策
- ⑤ 脂肪抑制への対策
- ⑥ 上腕への対策

4. 結果

① 画像結像時のつなぎ目対策

過去の報告より、頸椎のstationと上部胸椎のstationにおけるリードアウト時の傾斜磁場の極性を反転させ、EPI (Echo Planar Imaging) の読み出し時に生じる画像歪みの方向を変えることで、頸椎から胸椎までの生理的湾曲に合わせられ、つなぎ目が自然になるとの報告があった。日立製の装置でも「Chemical Shift」というパラメータを「Normal」と「Reverse」を選択することによってリードアウトの極性を切り替えることができる。そこで、頸胸椎のstationにおける「Chemical Shift」を「Normal」と「Reverse」で撮り比べ、画像結像し評価した。結果は、頸胸椎全てのステーションで「Normal」を使用したほうが脊椎神経の連続性が保たれた (図1)。

日立のMRI装置には複数シリーズで画像を自動で結像する「画像結像」という機能がある。この機能には、補正機能が内包されており、「station間の輝度補正」「画像の歪み補正」そして「画像の位置補正」を全て自動で行う。「画像の歪み補正」には画像工学で用いられるオプティカルフローを用い補正を行う。オプティカルフローでは寝台移動させ複数画像を取得する際にあらかじめ2station間でオーバーラップし画像を取得する。それぞれの画像の端では傾斜磁場の非線形性による位置歪みが生じるが、各画像の位置歪みの影響点を検出し補正マップを作成する。

この補正マップを元に画像の辺縁部で生じる“画像の歪み”を“位置ずれ”として補正する。

つまり、「画像結像」を用いた場合、リードアウトの極性を切り替えた画像では“位置ずれ”が通常と異なるためオプティカルフローの位置ずれを補正できなかったと考えられる。

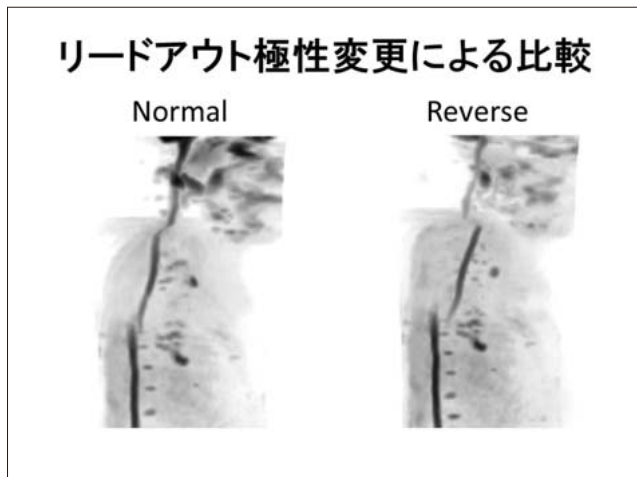


図1 極性変更による画像結合への影響

② B1への工夫

3T MRI装置では共鳴周波数が約128MHzとなるため、1.5T装置に比較し生体内でRFの干渉や表皮効果によるB1照射ムラが生じやすくなる。そのため、日立製装置では4ch-4portのMulti-transmitを用い、B1 Mapを取得後Multi-transmitによるRF照射の調整を行う。Body DWIにおいてもIR (Inversion

Recovery) パルスを用いたSTIR (Short TI IR) による脂肪抑制を用いるため、180度反転パルスを広範囲に均一に照射する必要がある。そのため、被写体のポジショニングの際にMRI装置付属のarmrestを用い、腕の高さを変更した。ポジショニングの工夫により体幹部において広範囲へ均一にRF照射することが可能となった。

また、脊椎コイルの両端を持ち上げることが可能なため、背側にコイルを密着させるように巻きつけることで全体の信号が上昇した (図2、図3)。



図2 ポジショニング方法

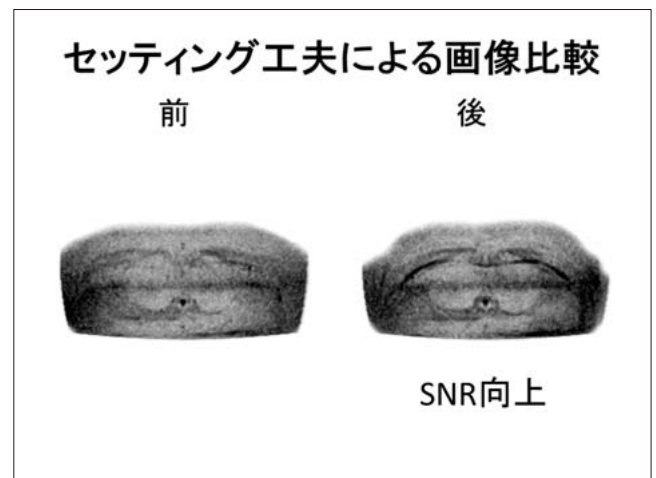


図3 背面コイル巻き上げによる信号変化

③ パラレルイメージングにおける展開不良への対策

患者の体幹部の中心にパラレルイメージングの画像展開エラーに起因するリップ状アーチファクトが生じた。そこで、Anti aliasing (NPW : No Phase Wrap) を100から150へ変更することで展開不良をFOVの外側へ移動させた (図4)。

④ モーションアーチファクトへの対策

モーションアーチファクト対策としてNSA (積算回数) を4から8へ変更した。撮像時間の延長に伴い、Multi Acquisitionを4から2とした。また、SAR (specific absorption rate) 低減のため、スライス枚数を67から65枚とし、TRは4,000msecから5,099msecとした (図5)。

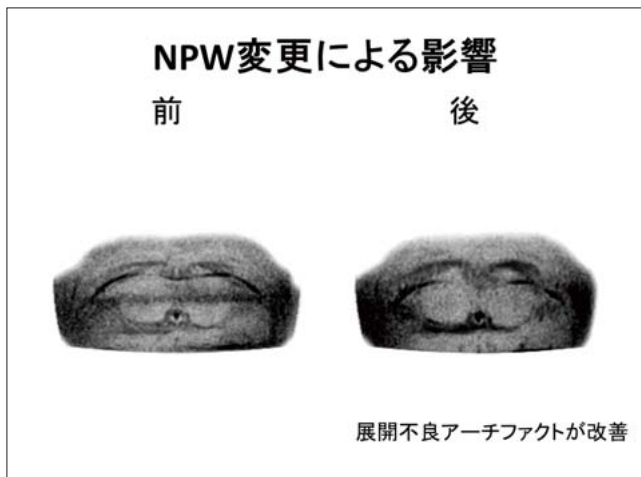


図4 NPW変更に伴う画質変化

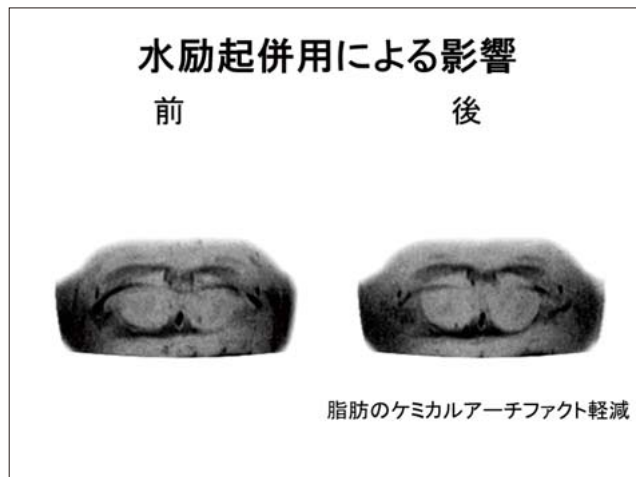


図6 水励起併用に伴う影響

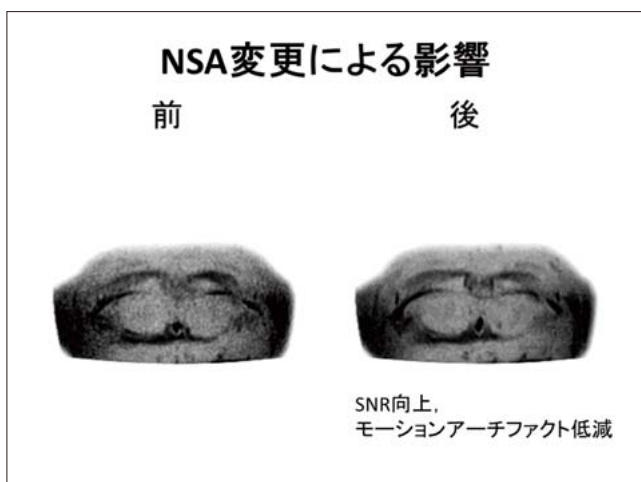


図5 NSA変更による影響

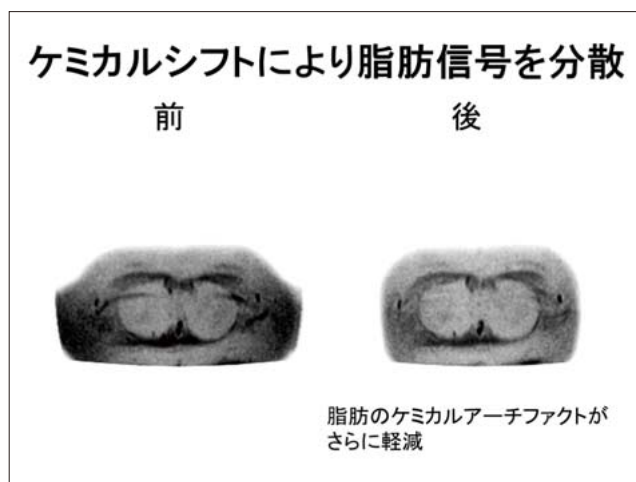


図7 ケミカルシフトを利用した脂肪抑制

⑤ 脂肪抑制への対策

脂肪抑制法はIRを用い、TIは200msecで固定とした。さらに脂肪抑制効果を向上させるため2つの手法を検討した。

1つ目の手法は、水励起法の「RF duration」機能である。本機能は90°と180°パルスのスライス選択時の傾斜磁場強度を変更することでケミカルシフト量を変化させ水だけを励起する。一般的なSSGR機能は、90°と180°パルスのスライス選択時の傾斜磁場極性を反転させて水のみを励起するが、本手法では、reverse機能を用いないため磁場の不均一にも強いことが期待できる。「RF duration」機能により脂肪抑制効果は上昇した(図6)。

2つ目の手法は、④項で検討したNSA「8」を「4」へ変更し2つのスキャンに分割した。分割した各スキャンのIET (Inter Echo Time) を「0.74」から「0.87」と「0.61」に変更し、それに伴いバンド幅[Hz]を「250」から「333.4」と「166」に変更した。異なるバンド幅を用い計測することで、ケミカルシフトアーチファクトの位置をずらすことができ、得られた画像を加算することで水の信号は加算平均されるが、アーチファクトは位置がずれるため、脂肪信号を低く描出できた(図7)。

⑥ 上腕への対策

上腕部分は不均一による画質低下が起りやすい。そこで、感度補正マップのFOVを長方形に変更し、腕を含まないように感度補正マップ計測を行った。この感度マップを基にDWIを計測することで画質低下しやすい腕の信号を取り除いた。

これらの検討を基に画像計測を行い画像結像によりBody DWIの撮像を行った(図8)。

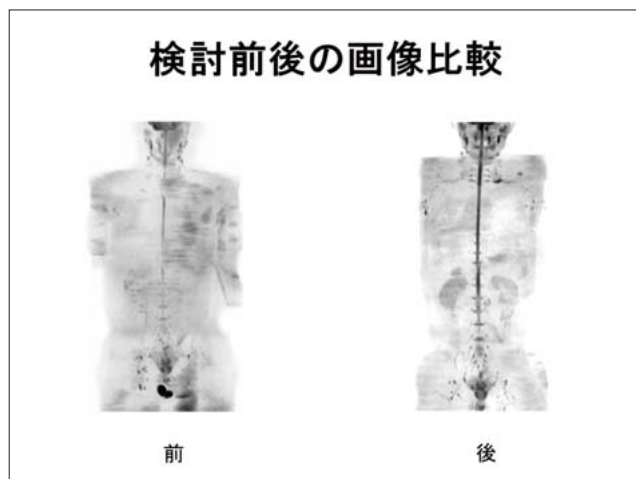


図8 撮像条件調整前後の画像比較

5. 結論

今回、3T MRI装置の特長を知りBody DWIの画質の安定化および改善に向けた一手法の検討を行った。医療現場では施設に求められる役割を果たすために、使用するMRIの機能を知り、性能を発揮することで、患者へのメリットの最大化を図ることが重要である。今後、さらなる画質改善のためIRにおけるTIの至適化など、まだ検討の余地がある。

一方でBody DWI検査はDWI以外にT1WIやT2WIなどを合わせて撮像する必要があり、これらの画質改良も検討が必要であると考えらる。

※ TRILLIUM OVAL およびOvalは株式会社日立製作所の登録商標です。

参考文献

- 1) Kwee TC, et al. : Diffusion-weighted whole-body imaging with background body signal suppression (DWIBS): features and potential applications in oncology. Eur Radiol. 2008 Sep; 18(9): 1937-1952.
- 2) Takahara T, et al. : Whole-body MRI using a sliding table and repositioning surface coil approach. Eur Radiol. 2010 Jun; 20(6):1366-73.