

擬似定常状態を活用したシングルショット高速スピンエコー法による T2WIのblurring低減効果の検討

新潟大学医歯学総合病院 医療技術部放射線部門 ○渡邊 祐弥(Watanabe Yuya)
齋藤 宏明 八木 悠太

【目的】

MRIにおける高速撮像技術にシングルショット高速SE法がある。マルチショット高速SE法に比べ高速である反面、echo train length (ETL) の増加に伴い、blurringの影響を顕著に受ける。Blurringの低減方法の一つに再収束フリップ角 (Refocus Flip Angle: RFA) を可変させる方法がある。主にETLの非常に大きい3D高速SE法で使用され、RFAを低角から段階的に可変させることによってT2減衰が擬似定常状態となる効果を利用した低減方法である。PHILIPS社製のMRI装置では、RFAを低角から可変させるT2-optimizedというRFA変調方法が3D高速SE法だけでなく2D高速SE法にも使用可能である。そこで本検討では、2Dシングルショット高速SE法のT2WIへT2-optimizedを適応することにより、blurringの影響を低減可能か検討することを目的とした。

【方法】

MRI装置はIngenia 1.5 T (PHILIPS社製) を使用した。2Dシングルショット高速SE法を使用し、T2-optimizedにおけるRFAを変化させ、90-401型MRIファントム (日興ファインズ社製) のピンパターンおよびコントラストセクションをそれぞれ5回撮像した。撮像条件はTR:2000 ms、TE:140 ms、matrix size:188x188、echo space:4.8 ms、band width:531.9 Hz/pixel、ETL:81、shot duration:435 msとし、Driven equilibriumパルスを併用した。RFAの設定はT2-optimizedと従来法であるETL内で一定角を印加するconstantとした。T2-optimizedにおけるRFAの組み合わせ (min-mid-max angle) は、100-120-160、80-100-160、50-80-160、30-50-160とし、constantにおけるRFAは145°とした。T2-optimizedにおけるRFAは段階的に可変し、min angleは最小となる5回目のRFA、mid angleはk-space中心のRFA、max angleは最大となる最後のRFAを表しており、これらを基点にRFAの変調が行われる。

ファントムのピンパターンの画像から、2 mm径のピン部における位相エンコード方向のプロファイルを取得し形状を比較した。

コントラストセクションの画像から、含水率80%の

ポリビニルアルコール (PVA) ゲル部 (w80%) および含水率75%のPVAゲル部 (w75%) におけるコントラストを以下の式で算出し、比較した。

$$\text{Contrast} = (SI_{w80\%} - SI_{w75\%}) / (SI_{w80\%} + SI_{w75\%})$$

SI_{w80%}、SI_{w75%}: 含水率80%、75% PVAゲル部における平均信号強度

【結果】

取得したピンパターンの画像をFig.1に示す。T2-optimizedによるRFAの低角化によってボケが低減した。RFAの変化によるピンパターンのプロファイル形状の変化をFig.2に示す。T2-optimizedによるRFAの低角化によってプロファイル形状は改善し、画像上の変化と同様の傾向を示した。

取得したコントラストセクションの画像をFig.3、RFAの変化によるコントラストの変化をFig.4に示す。T2-optimizedにおけるRFAの低角化に伴いコントラストは低下した。

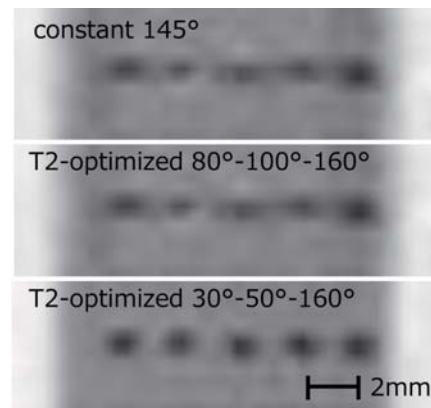


Fig.1 ピンパターン画像の変化

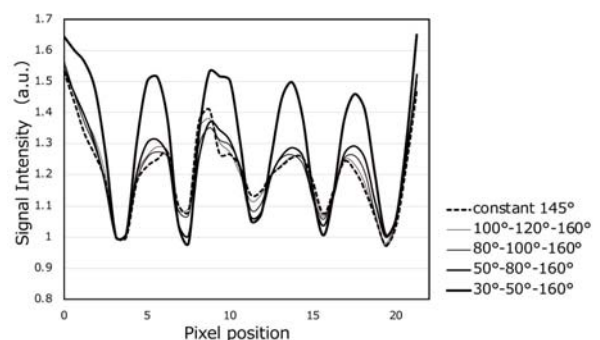


Fig.2 ピンパターンのプロファイル形状の変化

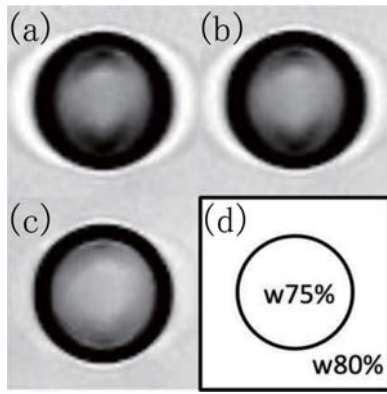


Fig.3 コントラストセクション画像
 (a) constant 145°, (b) T2-optimized 80°-100°-160°、(c) T2-optimized 30°-50°-160°、
 (d) 概略図

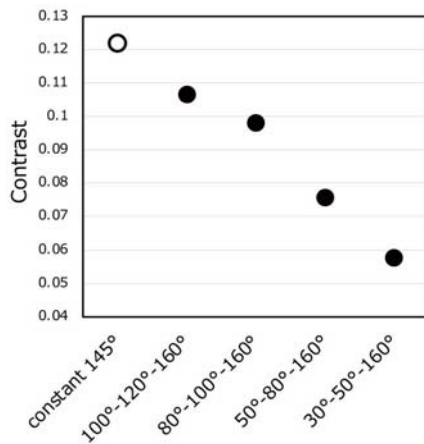


Fig.4 コントラストの変化

【考察】

T2-optimizedを使用しRFAを低角化することでプロフィール形状は改善し、ピンパターン画像も同様の傾向であった。2Dシングルショット高速SE法においてもT2-optimizedによるRFAの低角化がblurringの低減に有効だと考える。しかし、T2-optimizedを使用してもRFAが高い場合に大きな変化は見られなかった。そこで、PHILIPS社製のMRI装置で使用可能な1D-FTモードによる追加検討を行った。1D-FTモードでは、k-space上の周波数エンコード方向のデータを取り出して画像化したものであり、この画像のプロフィールを得ることでエコー収集時の信号挙動の変化を確認することが可能である。1D-FTモードから得られたプロフィール曲線では、constantとT2-optimizedのRFAが高い組み合わせでもT2減衰曲線に類似した形状であったのに対して、RFAが低い組み合わせでは前半エコーから信号減衰が平坦化された形状となっていた (Fig.5)。この平坦化がblurring低減に大きく寄与していると考えられる。

コントラストはT2-optimizedのRFAが低い組み合

わせほど低下した。これは低角のRFAが連続的に印加されたことで擬似定常状態が形成されたためであると考えられる^{1,2)}。擬似定常状態では見かけのT2値が延長することによりT2コントラストの低下を招くことが知られている^{1,3)}。今回検討したRFAの組み合わせでも、装置上の等価TEの表示値はT2-optimizedでのmin angleの低角化に伴い103 msから63 msまで短縮していた。このことから、3D高速SE法に比べETLの小さい2Dシングルショット高速SE法であってもRFAの低角化によって擬似定常状態となり、コントラストが低下したものと考える。したがって、等価TEを参照し目的とする組織に合わせた撮像条件の設定が重要であると考えられる。

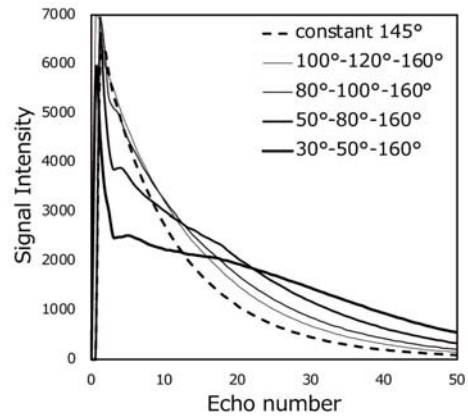


Fig.5 1D-FT

【まとめ】

2Dシングルショット高速SE法のT2WIにおいてT2-optimizedによるRFAの低角化がblurringの低減に有効であった。しかしRFAの低角化によってコントラストは低下したため、目的とする組織のT1値、T2値に合わせたTEの設定が必要である。

【参考文献】

- 1) Busse RF, Hariharan H, Vu A, et al. Fast spin echo sequences with very long echo trains: design of variable refocusing flip angle schedules and generation of clinical T2 contrast. Magn Reson Med 2006; 55(5): 1030-1037.
- 2) Busse RF, Brau AC, Vu A, et al. Effects of refocusing flip angle modulation and view ordering in 3D fast spin echo. Magn Reson Med 2008; 60(3): 640-649.
- 3) Hennig J, Weigel M, Scheffler K. Multiecho sequences with variable refocusing flip angles: optimization of signal behavior using smooth transitions between pseudo steady states (TRAPS). Magn Reson Med 2003; 49: 527-535.