

3D VRFAシーケンスにおけるrestoreパルスが頭部T1WIに与える影響の検討

福島県立医科大学附属病院 放射線部 ○小池 笑也(Koike Emiya)
石川 寛延 清野 真也 樵 勝幸 金澤 崇史 阿部 郁明

【背景・目的】

頭部を対象とした3D T1WI VRFAシーケンスにおいて、コントラストの改善を図るためにrestoreパルスを印加することがある。restoreパルスはエコー収集直後の横磁化をz軸の負の極性方向にフリップさせる効果がある。restoreパルスを印加することで縦緩和回復のダイナミックレンジが広がり、コントラストは改善すると予想される。しかし、restoreパルス印加直後の縦磁化は負の信号から回復してくるため、印加していないときと同一TRにおいて画像のSNRを低下させる可能性がある。

本検討では、頭部組織を模擬した自作ファントムを用いて、3D T1WI VRFAシーケンスにおけるrestoreパルスが画像のコントラストとSNRに与える影響を評価した。

【使用機器】

- MRI装置 : 3.0T MRI Skyra (Siemens社製)
- コイル : QD Head Coil
- 画像解析ソフト : ImageJ v1.53c
- 統計解析ソフト : R ver.4.1.0

【ファントム】

頭部組織(白質、灰白質、脂肪、純水)を模擬したファントムを作成し、その周りをPVAとagerで充填して固定した(Fig.1)。なお、本検討で測定した試料は白質と灰白質である。白質と灰白質を模擬したファントムのT1値とT2値は、純水とガドリニウム造影剤とショ糖を用いて、白質は0.0625 mM+22 wt%、灰白質は0.031 mM+16 wt%に調整した。作成したファントムのT1値とT2値(平均値±標準偏差)は、白質は(919±5.3/52±1.7)ms、灰白質は(1347±7.6/68±0.4)msであり参考文献の値に近似した¹⁾。

【方法】

自作ファントムをQD Head Coilの中心に配置し、アーチファクト抑制のために約30分静置した。3D T1WI VRFAシーケンスを用いて撮像を行い、撮像断面はCoronalとした(Fig.2)。検討した撮像条件はrestoreパルスの印加の有無と、縦緩和回復によってコントラストとSNRに影響を及ぼすパラメータであるTRを、250から1200 msまで変化させた。また、restoreパルスとTR以外の撮像条件はTable 1に示した。なお、差分法を使用するため、同一撮像条件下で連続的に2回撮像を行った。さらに、統計解析のため上記の撮像を3回行った。

解析はスラブ中心の1スライスで行った。ImageJを用いて、試料の80%以上にROIを設定し、白質と灰白質の信号強度を測定した(Fig.2)。また、差分画像における白質と灰白質の標準偏差を測定した。コントラストは式(1)、SNRは差分法を用いて式(2)より算出した。なお、算出されたコントラストは、restoreパルスを印加したときのTR=250 msのコントラストで正規化を行った。統計解析は、TRとコントラストの関係のグラフにNon-linear least square fittingを用いて二次関数をフィッティングさせて95%信頼区間をプロットした。またTRとSNRの関係にAnalysis of covarianceを適用した。

なお、有意水準は $P < 0.05$ とした。

$$\begin{aligned} \text{コントラスト} &= | \text{白質の信号強度} - \text{灰白質の信号強度} | && \text{-----(1)} \\ \text{SNR} &= \text{信号強度} / (\text{標準偏差} / \sqrt{2}) && \text{-----(2)} \end{aligned}$$

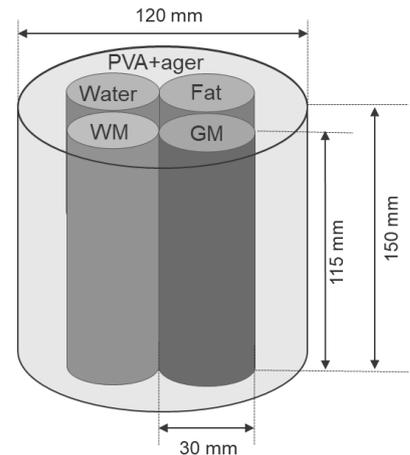


Fig.1 ファントム外観



Fig.2 ROIの設定

Table 1 撮像条件

3D VRFA T1WI	
FOV (mm)	200
Slice thickness (mm)	3.0
TE (ms)	15.0
Base Matrix × Slice resolution (%)	256*256 × 100
Phase partial Fourie (%)	Allowed
PAT mode	off
Bandwidth (Hz/pixel)	651
Turbo factor	49
Excitation	Non-sel.
Flip angle mode	T1 var
Reordering	Linear
Echo spacing (ms)	3.9
Slice per slab	56

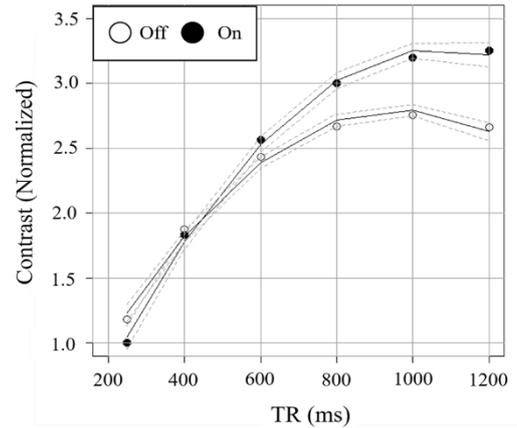


Fig.3 白質と灰白質のコントラスト

【結果】

restoreパルスを印加したときのコントラストは、およそTR=600 ms以上のときにrestoreパルスを印加しなかったときよりも高いコントラストを示した (Fig.3)。

一方で、およそTR=600 ms未満のときはrestoreパルスを印加したにも関わらずコントラストは向上しなかった。また、白質と灰白質ともにrestoreパルスの印加によってSNRは有意に低下した ($P < 0.001$) (Figs.4,5)。

n

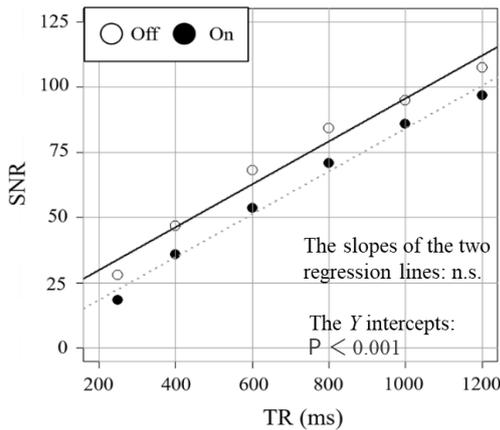


Fig.4 白質のSNR

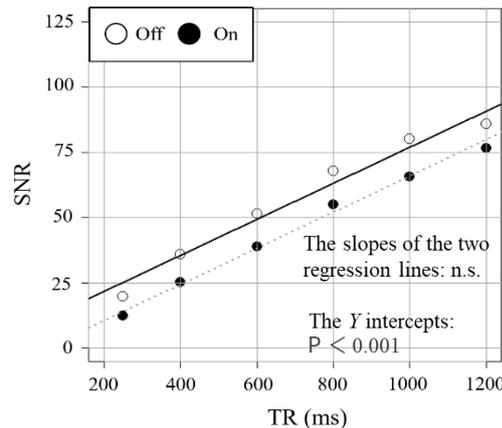


Fig.5 灰白質のSNR

【考察】

restoreパルスを印加した直後の白質と灰白質は、z軸の負の極性から縦緩和が始まる。これによって、縦緩和回復のダイナミックレンジが大きくなり、コントラストが向上したと考えられる。また、restoreパルスを印加した直後の縦磁化は白質の方が大きく、白質のT1値は灰白質のT1値よりも短いため、白質と灰白質の縦緩和回復曲線は交差すると予想される。TRが短い場合、この交差した周辺で撮像することになり、restoreパルスの印加によってコントラストは向上しなかったと考えられる。

restoreパルスによって縦磁化は、負の極性から縦緩和が始まり、印加していないときと比較して同一TRにおいて得られる信号強度が低下したため、SNRは低下したと考えられる。

【結語】

3D T1WI VRFAシーケンスにおけるrestoreパルスの印加は、適切なTRを設定することによって画像のコントラストを向上させる効果がある。しかしながら、SNRの低下を招くことが判明した。

【参考文献】

1) Park J et al. Man Resin Med. 2007;58:982-92