

1.5 Tesla MRI装置ECHELON Vega におけるPrime FSE法の有用性

Efficacies of Prime FSE Technique with 1.5T MRI System ECHELON Vega

平田 洋介¹⁾ Yosuke Hirata
江刺家邦雄¹⁾ Kunio Esashika

佐々木真理²⁾ Makoto Sasaki
嶽間澤 博¹⁾ Hiroshi Gakumazawa

¹⁾岩手医科大学 中央放射線部

²⁾岩手医科大学 先端医療研究センター

1.5 Tesla MRI装置ECHELON Vega* に新たに搭載されたPrime fast spin echo(FSE)法の有用性を従来のFSE法と比較検討した。Prime FSE法はエコーシフトの方法を改良し、実効エコー時間を直接入力可能としたため、従来のFSE法と比しアーチファクトの少ない任意のコントラストの画像を容易に取得することが可能となった。T2強調画像やSTIR画像では打ち切りアーチファクトが大幅に減少した。また、dual contrast撮像を併用することで、高画質のT2強調画像、プロトン密度強調画像を短時間で撮像することができた。Prime FSE法はFSE撮像の画質向上と時間短縮に有効なシーケンスと考えられた。

We evaluated the efficacies of the “prime fast spin echo (FSE)” technique, which enables optimization of the echo shift scheme and direct assignment of the effective echo time, as compared with those of conventional FSE sequences. By using the “prime FSE” technique, images with arbitrary contrast were easily obtained. In addition, truncation artifacts were diminished in T2-weighted and short inversion time inversion recovery images, and blurring artifacts were decreased in dual contrast images without prolongation of the acquisition time. “Prime FSE” is considered to be a promising technique for improving the image quality of FSE imaging.

Key Words: MRI, Prime FSE, k-space, Echo Shift, Truncation Artifact

1. はじめに

近年のMRI装置の高性能化は著しく、多種多様な撮像シーケンスが開発され画像診断の質向上に貢献している。中でもfast spin echo(FSE)法は広く用いられているが、k-space内のエコー信号充填方法は装置によって異なっており、アーチファクトの原因やパラメータ設定の煩雑さにつながっている。今回、ECHELON Vega*に新たに搭載された改良型FSE法であるPrime FSE法の特性と有用性について脳神経領域を中心に検討を行ったので報告する。

2. 当施設におけるECHELON Vegaの概要

ECHELON Vegaは2007年3月に当施設で6台目のMRI装置として導入された。装置はコンパクトに設計されており、国産の超電導0.5T装置を撤去後に検査室の拡張工事することなく、狭いスペースにそのまま設置することができた。

ECHELON Vegaには、1.5T装置で一般的に使用されている撮像シーケンスはすべて搭載されており、例えばparallel imagingのRAPID(Rapid Acquisition through a Parallel Imaging Design)、hybrid radial scanのRADAR(Radial Acquisition Regime)、true FISPのBASG(balanced SARGE)など豊富である。ECHELON Vegaの最大の特長はclinical 1H-MR Spectroscopyであろう。他社と比べワークフローが大幅に簡素化されており、位置決め、データ収集、データ解析、フィルミングをコンソール上でわずかな手順で行うことができる。

当施設では、T2強調画像(T2 weighted image: T2WI)、プロトン密度強調画像(proton density weighted image: PDWI)、T1強調画像(T1 weighted image: T1WI)を頭部のルーチン検査に用いている。他社装置では、画質と短時間撮像を両立する目的でdual contrast撮像によるT2WIとPDWIの同時取得を

行っているが、ECHELON Vegaに搭載されているFSE法の dual contrast撮像では十分な画質を得ることができず、T2WIとPDWIを別々に撮像する必要があり、検査時間の延長につながっていた。また、T2WIやshort inversion-time inversion recovery (STIR)を撮像する際にも、撮像パラメータの最適化やアーチファクトの抑制に難渋する場合が少なくなかった。これらの問題を解決するため、k-space内の信号充填方法を改良して撮像パラメータ設定の自由度と画質を向上させたPrime FSE法が日立メディコよりリリースされ、2007年4月より使用を開始した。

3. Prime FSE法の特徴

3.1 エコーシフトの改良

FSE法では、収集した複数のエコー信号のk-space上の配列順序を変更することによって実効エコー時間(echo time: TE)を変化させる¹⁾。k-spaceの中心部の低周波領域が画像コ

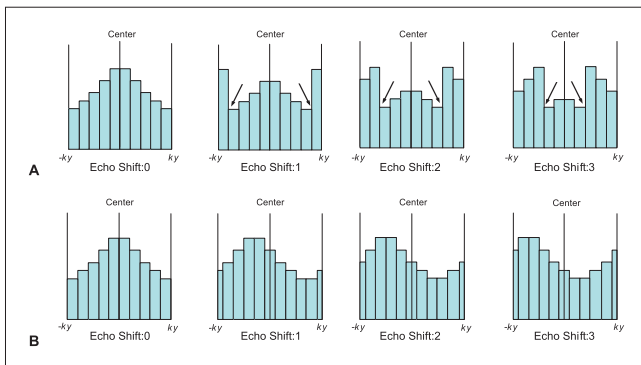


図1: Prime FSE法におけるエコーシフトの特徴

A: 従来のFSE法

B: Prime FSE法(両者ともcentric order、エコー数5)

従来のFSE法(A)では、エコーシフトによって信号差の大きい部分が発生し(矢印)、打ち切りアーチファクト発生の原因となる。Prime FSE法(B)では、エコーシフトを行っても、エコー配列がスクロールして隣接するエコーの信号強度差が常に最小限に保たれるため、打ち切りアーチファクトの発生を抑制することができる。

ントラストを決定するため、エコー信号の配列がcentric orderの場合は第一エコーが、sequential orderの場合は中央エコーが、reversed centric orderの場合は最終エコーが実効TEとなる。上記以外のエコーを実効TEとするには、エコーシフトと呼ばれる配列順序の変更を行うが、本装置における従来のエコーシフトでは信号強度差が大きい部分が現れるため、打ち切りアーチファクト(truncation artifact)増強の原因となっていた(図1A)。

それに対し、Prime FSE法のエコーシフトは、centric orderを基本とし、隣り合うエコーの配置が変化しないよう、ちょうど画面をスクロールさせるように並び替える。そのため、エコーシフトの大きさに関わらず隣接するエコーの信号強度差は常に最小となり、打ち切りアーチファクトを最小限に抑えることができる(図1B)。Dual contrast撮像においても、前半・後半のエコーシフトを独立して行うことが可能となっている。

3.2 実効TE設定法の改善

本装置における従来のFSE法では実効TEを直接入力することができず、エコー数、エコー間隔、エコーシフトなどの値を適宜調整して、目的とする実効TEを得ていた。これらのパラメータ設定は煩雑で、最適化はしばしば困難であった。中でもエコー間隔は画質に直結しており、また受信バンド幅と連動しているため、設定によっては“ぼけ”の増強やS/N比の低下を引き起こしていた。

これに対し、Prime FSE法では実効TEの直接入力が可能となった。エコー間隔は常に最小値に自動設定され、入力値に最も近い実効TE(エコー間隔の倍数)となるようエコーシフトが自動実行されるため、通常のSE法とほぼ同様の簡便なパラメータ設定が可能となった。例えば、エコー数を10、エコー間隔を12ms、バンド幅を32kHzに固定した場合、画質や撮像時間を保ったまま、実効TEを12、24、36、48、60、72、84、96、108、120msのいずれにも設定することができる(図2)。Dual contrast撮像においても前半、後半の実効TEを直接入力することが可能である。

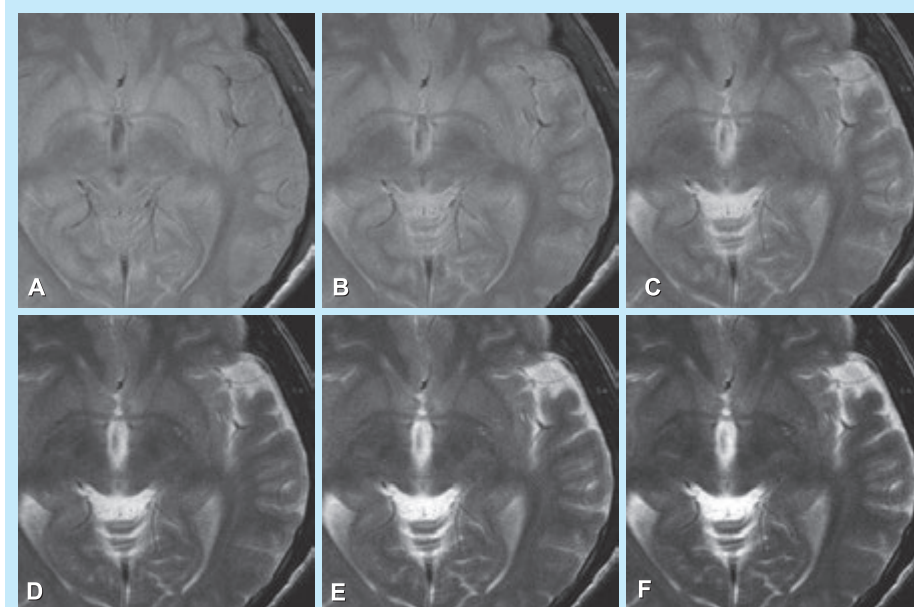


図2: Prime FSE法における実効TEの選択

A: 実効TE 12ms; B: 36ms;

C: 60ms; D: 84ms; E: 96ms;

F: 108ms

(TR 2800ms、エコー間隔 12ms、エコー数 11、バンド幅 32kHz、FOV 220mm、マトリックス 256×256、積算2)

Prime FSE法では、エコー間隔、エコー数、バンド幅などを一定に保ったまま任意の実効TEを選択可能である。どの実効TEでも高品位な画像が得られている。

4. Prime FSE法の画質

Prime FSE法では、dual contrast撮像(TR 2800ms、実効TE 12/96ms、エコー数10(5+5)、エコー間隔12ms、バンド幅32kHz FOV 220mm、マトリックス256×256(512×512zero interpolation)、積算2)を用いることで、4分43秒で良好なPDWIとT2WIを得ることができた(図3A、D)。従来のFSE法のdual contrast撮像では、前半部と後半部のエコー配置を独立して制御できないためPrime FSEと同等の撮像が不可能であり、PDWIとT2WIを別々に撮像する必要があった。PDWIに関しては、従来のFSE法のエコー数を5に設定することでPrime FSE法と同等の画質となったが、撮像時間は2倍となった(図3B)。撮像時間を同等にするためエコー数を10に設定すると、“ぼけ”とpseudo-edge enhancement¹⁾が出現し、画質が低下した(図3C)。T2WIについても、従来のFSE法ではcentric orderにエコーシフトを併用した場合には“ぼけ”と打ち切りアーチファクトが顕著であり(図3E)、sequential orderではエコー間隔が延長するため“ぼけ”が認められた(図3F)。

Prime FSE法ではSTIRにおいても“ぼけ”や打ち切りアーチファクトが目立たない高品位の画像が得られた(図4A、C)。従来のFSE法ではエコーシフトによって打ち切りアーチファクトが発生し、画質が劣化した(図4B、D)。

5. 結語

Prime FSE法によって、T2WI、PDWI、STIRにおける実効TEなどの撮像パラメータの設定が容易になり、“ぼけ”や打ち切りアーチファクトが減少した。Dual contrast撮像の撮像時間は短縮し、画質も大幅に改善した。Prime FSE法は脳神経領域などのルーチン検査に必須の撮像シーケンスと考えられた。ECHELON Vegaは臨床の現場に登場して1年足らずの間に急速に進歩している。今後も“より薄く”、“より速く”、

“より美しく”、“より使いやすく”をめざして装置の改良が進むことを期待したい。

※ECHELON Vegaは株式会社日立メディコの登録商標です。

参考文献

- 1) 佐々木真理：神経系のMR撮像法，日本磁気共鳴医学会雑誌，19(8)：503-519，1999.

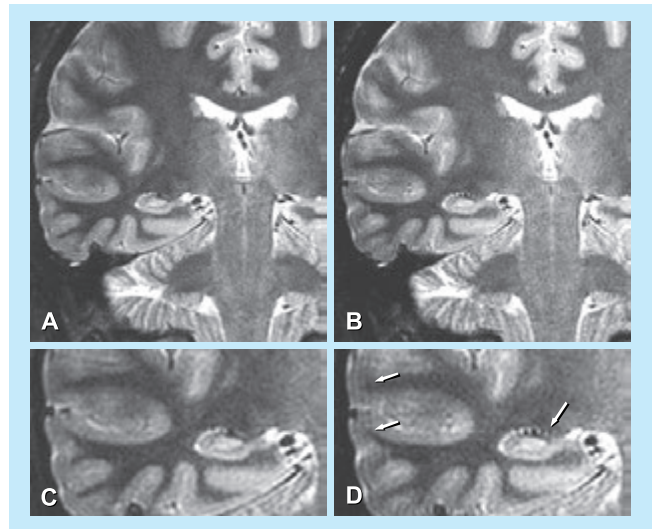


図4：Prime FSE法と従来のFSE法のSTIR画像

A, C: Prime FSE法

B, D: 従来のFSE法

(TR 4000ms、実効TE 36ms、TI 140ms、エコー間隔12ms、エコー数8、バンド幅35kHz、FOV 200mm、マトリックス256×256、積算2)

従来のFSE法では打ち切りアーチファクトが目立つ(矢印)、Prime FSE法ではアーチファクトが減少し、海馬の内部構造も良好に描出されている。

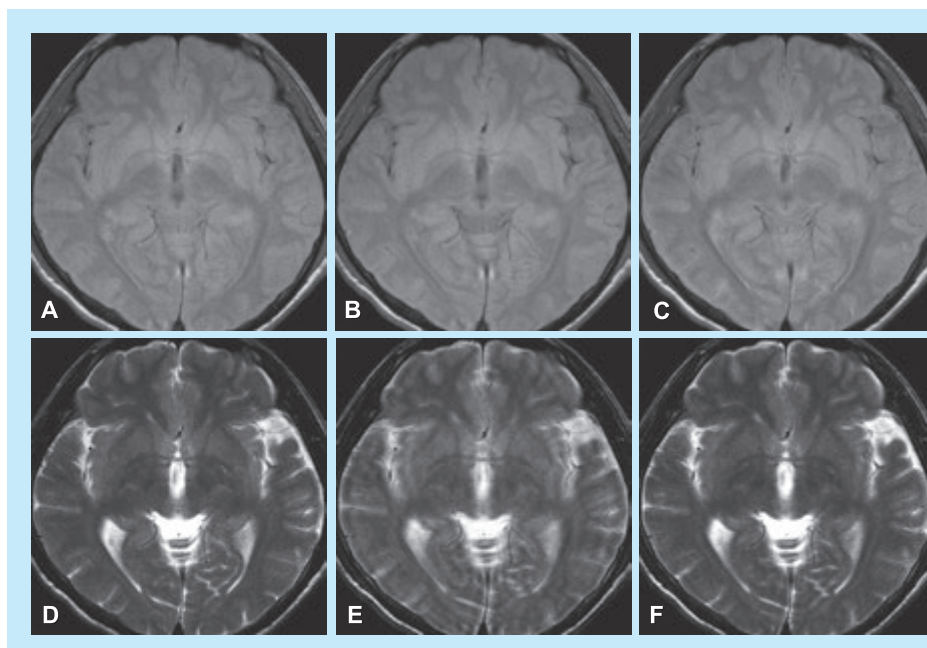


図3：Prime FSE法と従来のFSE法の頭部ルーチン画像

A-C: プロトン密度強調画像(PDWI); D-F: T2強調画像(T2WI); A, D: Prime FSE法(dual-contrast法、エコー数10(5+5)); B, C, E, F: 従来のFSE法(B: centric order、エコー数5; C: centric order、エコー数10; E: centric order、エコー数9; F: sequential order、エコー数10)

(TR 2800ms、エコー間隔12ms、FOV 220mm、マトリックス256×256、積算2)

Prime FSE法ではdual contrast撮像を用いて良好なPDWIとT2WIを短時間で取得することができる(A, D)。従来のFSE法では、PDWIの撮像時間延長(B)やpseudo-edge enhance効果(C)が認められ、T2WIでは“ぼけ”や打ち切りアーチファクトが目立つ(E, F)。