

「エキスパートに学ぶMR撮像技術」 上腹部領域推奨撮像条件を読み解く

新潟大学医歯学総合病院 診療支援部放射線部門 齋藤 宏明(Saito Hiroaki)

【はじめに】

日本磁気共鳴専門技術者認定機構(JMRTS)では事業活動の一環として各領域の推奨撮像法(以下、推奨条件)を提示している。本稿では、TCRT2021で講演を行った上腹部領域の推奨撮像条件について解説する。上腹部領域は甲信越地区(山梨、長野、新潟)で検討され、筆者はこの検討班員を務めた。詳細な内容はJMRTSのwebページにて確認いただきたい。

【推奨条件のコンセプトと概説】

本推奨条件は、肝臓、膵臓、MRCP、小児、自由呼吸の5つに大別し構築された。構築にあたり汎用性を考え1.5Tでの検査を想定し、現在から2-3年程度は使用できる条件となるよう検討を重ねた。肝臓については肝特異性と細胞外液性の2つの造影剤を使用した検査を想定した。膵臓は撮像対象を胆膵の局所に限定し、空間分解能や求められる画像情報を肝臓と区別した内容で構築した。MRCPは施設によっては単独で検査を行う可能性があるため膵臓とは別に提示した。検査依頼の頻度が少ない小児検査への対応についても、呼吸同期の方法や空間分解能の設定指標になるように追加した。また、検査対象者の高齢化や状態の悪い患者の撮像機会も増えてきており、体動に強いシーケンスの設定条件やradial samplingを併用した自由呼吸下での撮像も想定し撮像条件を構築した。

検討を行う中で、メーカーによるシーケンスの名称や技術的な差異、アプリケーションの可否などが課題として表面化した。このため、推奨条件を閲覧する中で疑問を解決できるように巻末資料を準備し、マルチベンダーユーザーの参考になるように配慮した。

【各撮像法のポイント】

各撮像法について、撮像の目的や設定の注意点について解説を行った。紙面の都合上、お話しした内容をすべて網羅することは困難なため、ぜひJMRTSのwebページから内容を確認いただきたい。ここでは講演中で示した内容の一部を紹介する。

1.検査準備

上腹部は呼吸運動の制御が画質を大きく左右する。通常、呼吸停止もしくは呼吸同期下において撮像を行うことになる。呼吸停止は呼気停止を原則とし、呼吸同期併用の有無に関わらず呼吸センサーを装着(使用)し呼吸のモニターを行う。可能であれば、腹帯を装着することも考慮する。患者には呼吸停止が重要であることを理解させ、呼吸同期時は深呼吸をしないことや眠らないことなどを説明しておくことが大切である。

2.T₁WI out of phase / in phase

Gradient echo法を使用し、TEはout of phaseがin phaseより短くなるよう設定する。これにより水と脂肪の相殺効果による信号低下を描出し、差分画像により微量の脂肪成分の検出が可能となる。

3.Single-shot T₂WI

Blurringの影響が強く現れるため、データ収集時間(shot duration)を短縮しblurringの影響を低減することが良好な画質を得るために重要である。具体的にはparallel imagingを使用した上で、SNRの許す限り、高い受信バンド幅や長方形FOVなどを使用することになる。

4.T₂WI

上述のsingle shotではない点に注意する。肝臓における肝細胞癌の評価を目的とした場合、淡いT₂コントラストの評価が求められるため呼吸同期下で脂肪抑制を併用する。さらにETLも少なめに設定し、かつ短めのshot durationとなるよう留意する。Radial samplingの一種であるpropeller、BLADE、MultiVaneなどを使用する場合、体動の影響を軽減することは可能であるが、淡いT₂高信号病変の描出が困難になる場合もあるため

注意が必要である。

5. 造影dynamic 3D T₁WI

Gradient echo法を用いた脂肪抑制併用の3D T₁WIを使用し、造影dynamic撮像を行う。造影剤到達タイミングとk-space低周波成分の充填タイミングを一致させることで目的とする時相の画像を得ることができる。撮像開始タイミングの把握にはポーラストラッキング法を用い造影剤到達を確実に捉えることを推奨する。k-space低周波成分の充填タイミングは装置ごとに表示の有無や表記の違いがあるため、自施設での確認方法を知っておくとよい。

肝特異性造影剤であるEOB・プリモビストを使用した場合には、肝細胞造影相も同様の撮像法を使用する。このとき肝臓は造影剤の取り込みにより著明なT₁短縮効果を得るため、Ernst角を考慮しやや深めのflip angleを使用する。また装置環境が許す限り高い空間分解能での撮像を行うとよい。設定変更が困難な場合でも多方向の撮像を行い対応する。

6. DWI

呼吸同期での撮像とし、体動への対策、歪み低減策をとることが求められる。また、TE延長は肝臓の著明な信号低下を招くため、可能な範囲で短いTEを設定できる撮像条件を構築するとよい。自由呼吸下での撮像とする場合には体動に対する対策、apparent diffusion coefficient (ADC)の変化等にも注意する。

7. MRCP

Heavily T₂WIにより胆管膵管の描出を行う。Single-shot T₂WIと同様にblurringへの対処が画質向上の鍵になる。面内の空間分解能を高く設定することがシャープな画像を得ることにつながることを認識しておく。また自由水の信号を高く描出するために、データ収集の最後に残留する長い横磁化成分を強制的に縦磁化に戻すflip back pulseの使用も考慮する。

近年では3D高速SE法の普及により、呼吸停止下での3D MRCPも構築可能である。呼吸同期不良時や呼吸周期が短い場合などに、呼吸停止が可能であれば、画質改善が期待できる。推奨条件を元に各施設で適切な条件構築を行っておくことを推奨する。

8. 自由呼吸下の撮像

T₂WIなどの撮像は前述の呼吸同期併用撮像で対応が可能である。その一方、自由呼吸下のT₁WIは呼吸同期を併用しただけでは、データ収集間にintervalがあくため縦磁化の定常状態が崩れ画質が不良となる。このため、積算回数の増加による平均化、radial samplingによるゴーストの低減、respiratory gatingによる呼吸同期撮像、いずれかの方法論を用いるか、あるいは併用して対応する。これらは装置メーカーだけでなくバージョンによる差異も大きいことを認識しておく。汎用性の高い方法はNSAの増加であるが、時間的に収集間隔をあけるlong term average (SMARTなど)を採用しないと期待する平均効果が得られ難いので注意する。

9. 小児

自由呼吸を基に構築することになるが、FOVを小さく、スライス厚も薄くなるため、SNRの担保に留意する。T₂WIに呼吸同期を併用する場合、呼吸周期が早い実効TRが短くなりすぎないように注意する。前述のとおりT₁WIは自由呼吸下で複数の方法論が存在するが、小児では撮像時間の延長や汎用性を考えNSA増加による撮像のみを推奨とした。静音シーケンスの使用は小児患者の検査において重要であるが、現状では静音化に注力すると体動による画質低下を招く場合が多く、すべての撮像条件に静音化技術の併用は推奨していない。

【まとめ】

様々な技術を駆使して上腹部のMRI検査を行っていくが、最も重要なことは患者の呼吸をいかに制御するかである。患者の協力なくして上腹部MRI検査の成功はないと考えられる。本講演では技術論に主体をおいたが、このことに慢心することなく目の前の患者への説明と理解、協力を得ることを忘れてはいけない。