

アーチファクトから学ぶ MR 撮像技術

岩手医科大学附属病院 中央放射線部 菊地 啓(Kikuchi Kei)

【はじめに】

MRI画像において撮像時のアーチファクトの出現は、常日頃よりMRI撮像技術者を悩ませるものである。今回アーチファクトから学ぶMR撮像技術と題して、当施設で実際に遭遇したアーチファクトをクイズ形式で出題し、解答と解説を行った。

【問題1】

心筋短軸画像の遅延造影である。正常心筋の null pointが不良(Fig.1)のため、Fig.2のように最適な画像を得るために再撮像をしたい。適切な対処方法は？

- 1.シミングとプリスキャンをやり直す
- 2.Look-Loker法を使用する
- 3.PSIR法を用いる
- 4.呼吸停止を促す
- 5.脂肪抑制法を併用する

解答:2、3

解説:通常、心筋遅延造影はIR preparation GRE法で撮像する。正常心筋をnull point (0点)として造影剤が取り込まれた障害心筋を高信号に描出する。ここで正常心筋をnull pointとしたTIを設定する必要がある。しかしTI設定を誤ってnull pointよりも短く設定すると、正常心筋が高信号で障害心筋が低信号(Fig.1)のような画像コントラストが反転した画像となる。理由としてIR preparation GRE法はMagnitude画像が用いられるため、TIの回復曲

線のマイナス部分が反転するために信号値も反転した画像が撮像される。

最適なTIを設定するにはLook-Locker法を用いる。Look-Locker法とはGRE系の高速撮像により1度の撮像で異なる複数のTI画像が得られる。null pointの設定は、得られた画像から視覚的に判断もしくは心筋にROIを置きそれぞれの信号値をグラフ化して信号値がnullに近い画像を選択し決定する。ここでLook-Locker法の問題点がある。撮像中の時間経過により、心筋の組織から造影剤が流出するためにT1が延長し、TIもそれに合わせて延長する必要がある。またT1延長は個人差があるため延長時間の変化が異なり、相まってTI設定が困難な場合がある。さらにびまん性に正常心筋が障害されるような心アミロイドーシスなどもnull pointを設定することが困難となる。これらの問題点を解決するには、PSIR法(位相敏感法)で撮像を行う(Fig.3)。PSIR法は1心拍目に画像データ、2心拍目にリファレンスデータを取得し両データからReal画像を作成する。仮に正常心筋が最適なTIでなくともコントラストの反転は起きず、T1値の差を反映したコントラストで描出される。しかしPSIR法にも問題点がある。PSIR法は2心拍分のデータを必要とするため撮像時間が延長する。またそれに伴い呼吸停止不良や不整脈の影響を受けやすい。

各問題点を踏まえて心筋遅延造影は造影剤注入後に正常心筋のnull pointが刻々と変化していくために、それに合わせTI設定も延長する必要がある。Look-Locker法とPSIR法の特性を理解して撮像していくことが望ましい。

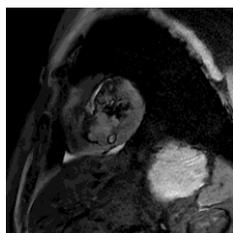


Fig.1 null point 不良

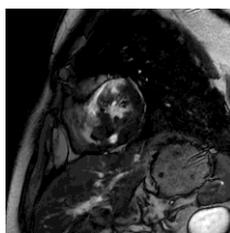


Fig.2 最適画像

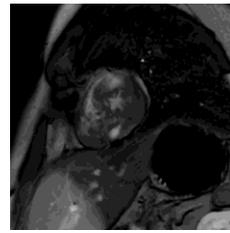


Fig.3 PSIR 画像

【問題2】

心電図同期併用2D-PC法における主肺動脈の直行断面像を示す (Fig.4,5)。矢印の欠損部が示すアーチファクトは何か？

- 1.メタルアーチファクト
- 2.呼吸停止不良によるモーションアーチファクト
- 3.ゴーストアーチファクト
- 4.折り返しアーチファクト
- 5.不整脈によるアーチファクト

解答:4 折り返しアーチファクト

VENC (速度エンコーディング (cm/s)) の設定よりも画像の主肺動脈の流速が速かったため。主肺動脈の流速の正常値が100cm/s (Echo basicsより) より、VENCを120cm/sに設定している。

解説:PC法は血流の位相シフトを利用して、血管の描出 (主に脳静脈血管) と血流量および逆流流量、最大流速などを計測する血流解析を行うことができる。提示画像は主肺動脈の血流解析を行うために撮像した画像である。心臓領域の血流解析は計測したい血管や弁の長軸画像から血管に直行する断面を設定し撮像する。信号強度を反映したMagnitude画像と血流速度を反映した位相画像がセットで得られる (Fig.4,5)。得られた画像にソフトウェアを用いて血流解析をする。主肺動脈PC法での血流解析の対象疾患はFallot四徴症やそれに合併する肺動脈弁逆流症である。年齢や疾患の程度により流速は様々であり、それに合わせたVENC設定が必要となってくる。



Fig.4 Magnitude 画像

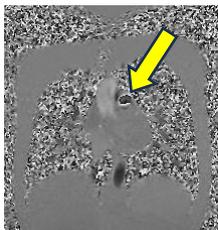


Fig.5 位相画像

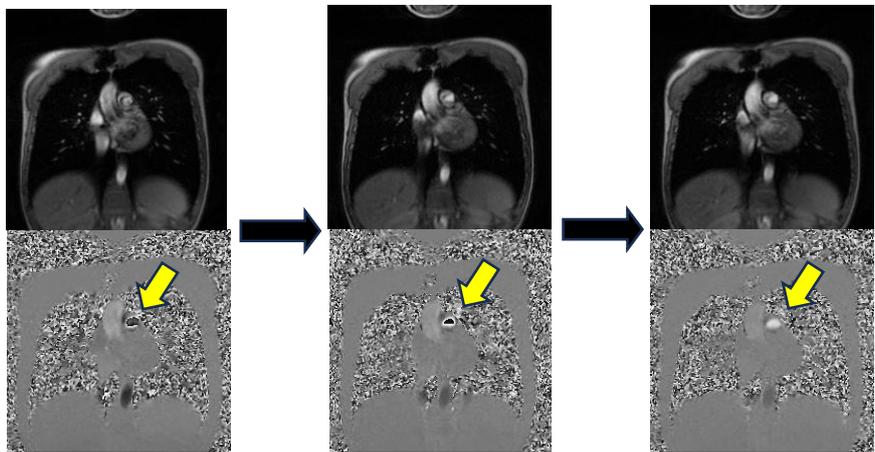


Fig.6 VENC 設定で折り返しアーチファクトを改善した症例

PC法は流速vに合わせて双極性磁場(BPG)の傾斜磁場強度Gと印加時間Tを調整するが操作者はVENCの調整を行う。VENCよりも大きな流速はすべて違う値として折り返しが発生する (速度の折り返しアーチファクト)。流速が折り返した場合の画像と解析への影響としてVENCを超えた血流部分の位相画像が反転し血流解析の結果が不良となる。

折り返した場合の対策としてVENCを増加して対応するが、極端に高いVENCの選択は折り返しの回避はできるがノイズが増加する。今回の例としてVENC設定は120cm/s→200cm/s→300cm/sと段階を踏んで増加させていき、その流速に合わせて撮像することが望ましいと考えられる (Fig.6)

【問題3】

3D-VRFA-FSE法によるFLAIR画像。矢印に示す低信号の部分があり (Fig.7)。2DのFLAIR画像ではアーチファクトは見られなかった (Fig.8)。症例提示の患者は8歳児。原因として考えられるのは？

- 1.血管の拍動によるもの
- 2.磁性体によるもの
- 3.FID(自由誘導減衰)によるもの
- 4.コイルの装置不良によるもの
- 5.脳脊髄液(CSF)の流れによるもの

解答:1 血管の拍動によるもの

解説:3D-VRFA-FSE法 (以下Cubeと呼ぶ) とはFSE法の再収束フリップ角を連続的に可変した撮像法である。再収束フリップ角を可変する意図として、FSE法は90°パルス後に再収束パルスとし

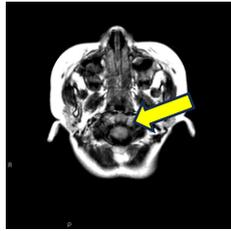


Fig.7 3D-VRFA-FSE 法の FLAIR 像 Fig.8 2D の FLAIR 像

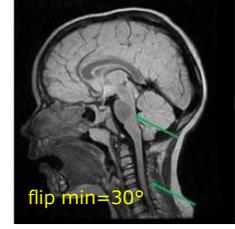
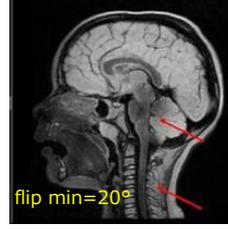


Fig.9 最小角度を変化させた場合の症例

て180° パルスを用いるが3Tなど静磁場強度が高いと180° パルスを繰り返すことでSAR(比吸収率)が高くなる。可変フリップ角を使用することでSARを下げることができる。またショット後半の信号低下(blurring)も抑えることができる。

ここで再収束フリップ角の最小角度について説明する。Cube T2 FLAIRではフリップ角が小さいと血管の拍動の影響が増加する(GE社マニュアルより引用)。提示画像のCube-FLAIRの再収束フリップ角の最小角度は20° である。また、今回のアーチファクトのように再収束フリップ角の最小角度を大きくすることでアーチファクトを回避できた症例を提示する(Fig.9(GE社より提供))。これらを踏まえて再収束フリップ角が小さいこと、さらに年齢が低い患者のために、より血管の拍動の影響が大きいことが考えられたために出現したアーチファクトであると推察した。対策として再収束フリップ角の最小角度を大きくする。または2Dでの追加撮像を行う。

今回のCube-FLAIRのアーチファクトは患者要因が大きい。自施設でのプロトコルを基本としながらアーチファクトが出現した場合は撮像条件を考慮する。

【まとめ】

MRIのアーチファクトは多種多様であり、偽病変や病変の見落とし、さらには画質の低下のため読影が不能となる場合もある。そのためMRIのアーチファクトにおいて正しい知識と理解、経験が大事であり、それに対する対策がMRI撮像技術者に必要であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 荒木力.MRIの基本 パワーテキスト 第3版.MEDSi
- 2) 高原太郎.MRI応用自在 第3版.MEDICAL VIEW
- 3) 荒木力.決定版 MRI完全解説 第2版.秀潤社
- 4) 石川友一.浦邊裕亮.日本循環器学会雑誌 Vol.40-No.3
- 5) 高原太郎.MRI応用自在 第4版.MEDICAL VIEW