

非造影 MRA による鎖骨下動脈描出の試み

加藤 寛道¹⁾ 堀江 慶一郎¹⁾ 難波 喜美子¹⁾
伊藤 由理恵²⁾ 柳内 和也²⁾ 岩崎 俊子³⁾

要 旨 : 非造影 Inflow Inversion Recovery (非造影 IFIR) 法を用いて鎖骨下動脈の末梢を描出することを目的とし、非造影 IFIR 法で血管の描出能を決めるパラメータである blood suppression inversion time (BSP TI) の最適値を検討した。

BSP TI を 1200~1800ms まで変化させ鎖骨下動脈を撮影し、動脈、静脈、アーチファクトの 3 項目を 5 段階で視覚評価した。物理評価は血管と血管外の信号のコントラスト比を測定した。

鎖骨下動脈は、BSP TI を長くすると描出範囲が拡大したが 1600ms 以上は一定となった。静脈の描出は 1200~1800ms まで増加した。血管内の信号が低下するアーチファクトは 1600ms で最小となった。

以上より、非造影 IFIR 法で鎖骨下動脈を撮影する際に使用する BSP TI は 1600ms が最適であると考えられた。

【Key words】 鎖骨下動脈, 非造影 IFIR 法, BSP TI

緒 言

胸部出口症候群の診断には、造影 CT Angiography (CTA) や血管造影が必要である¹⁾が、これらは侵襲的であり患者負担が大きい。そこで、本研究では放射線被ばくのない MRI にて非造影で鎖骨下動脈の描出を試みた。現在当院で大動脈弓部からの分岐血管を撮影する際には Time Of Flight (TOF) 法²⁾を用いている。TOF 法は、大動脈から頭側に向かう動脈は鮮明に描出されるが、外側及び尾側に向かう鎖骨下動脈は途中で描出が途切れてしまう。そこで、従来腎動脈や肺動脈などに用いられてきた GE 社の非造影 Inflow Inversion Recovery (非造影 IFIR) 法³⁾を用いて鎖骨下動脈の描出範囲を拡大することを目的とし、非造影 IFIR 法で撮像タイミングを決めるパラメータ blood suppression inversion time (BSP TI) について評価、検討を行った。

研究対象と方法

使用装置は GE 社の 1.5T MRI の Optima360, 使用コ

イルは Torso コイルを使用した。非造影 IFIR は呼吸同期使用、冠状断で撮影した。3D FATSAT FIESTA をベースとし、field of view (FOV) 43cm, 位相 FOV1.0 (43cm), スライス厚は 2.0mm, スキャンロケーション 36 スライス, 位相エンコード方向は SI 方向で撮影した。スラブ数は 1, 繰り返し時間 4.2ms, echo time (TE) 2.1ms, フリップ角 70 度, 自動 IR バンドは使用せず, マニュアルで IR バンドを大動脈弓より頭側の FOV 内すべてにかかると設定した。感度補正は PURE を使用, イメージフィルタなしで, ASSET (2.00Ph) を使用した。マトリックスサイズは周波数方向 224, 位相方向 256, バンド幅は 125Hz, シムは Auto とした。撮影時間は呼吸数により前後するが約 3~4 分であった。

撮影対象は 20 歳代の健常ボランティア 5 名 (男性 3 名、女性 2 名), 非造影 IFIR 法にて BSP TI を 1200ms~1800ms まで変化させて鎖骨下動脈の撮影を行い、視覚評価と物理評価を行った。

視覚評価は、当院の放射線科医 2 名, MR 業務を行う放射線技師 6 名で、以下の 3 項目について行った。①鎖骨下動脈の末梢側描出の程度を 1.ほとんど描出できていない, 2.あまり描出できていない, 3.少し描出できている,

1) 福井総合クリニック 診療支援部 放射線課

2) 福井総合病院 診療支援部 放射線課

3) 福井総合クリニック 放射線科

(採択日 2018年9月)

4.だいたい描出できている, 5.末梢まで描出できている, 以上の5段階にスコア化した. ②静脈出現の程度は 1.かなり出現している, 2.少し出現している, 3.あまり出現していない, 4.ほとんど出現していない, 5.出現していない, 以上の5段階にスコア化した. ③動脈内の信号が低下し閉塞に見えるアーチファクトの程度は 1.かなり出現している, 2.少し出現している, 3.あまり出現していない, 4.ほとんど出現していない, 5.出現していない, 以上の5段階にスコア化した. これを各条件について平均値を算出し, Tukey-Kramer 法を用いて多重比較検定を行った. 有意水準は5%とした.

物理評価は, 血管内の信号値と筋肉の信号値を測定し, 血管/筋肉信号比を算出した. 測定 ROI は, 烏口突起から垂直におろした線上の鎖骨下動脈血管内と肩の筋肉に置いた. データは Tukey-Kramer 法を用いて多重比較検定を行った. 有意水準は5%とした.

結 果

非造影 IFIR 法を用いて撮影された鎖骨下動脈を図 1 に示した. 非造影 IFIR 法を用いることで鎖骨下動脈を肩周辺まで描出することができた.

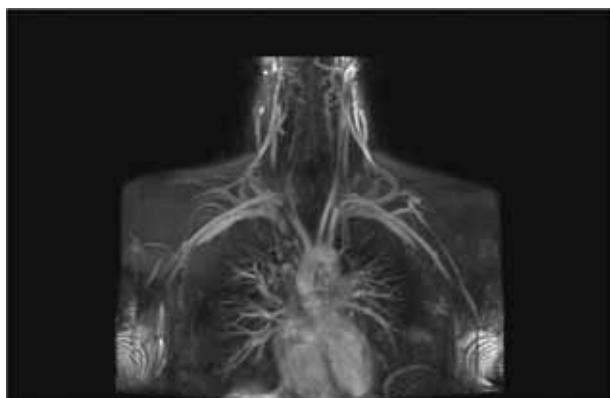


図 1. Inh IFIR 法で撮影した鎖骨下動脈

鎖骨下動脈の末梢側描出の視覚評価の結果を図 2 のグラフに示した. 鎖骨下動脈の描出は BSP TI1200ms~1600ms まではスコアが増加しており, 1600ms が有意に高スコアとなった. 1600ms 以上では一定となり更なる増加はなく有意差も認められなかった.

同様に静脈出現の程度を図 3 に示した. 静脈は動脈同様 BSP TI を長く設定するほどスコアが減少し, 1200ms,

1300ms, 1400ms と 1600ms の間には有意差が認められた.

閉塞に見えるアーチファクトの程度を図 4 に示した. アーチファクトは 1200ms から 1600ms までは BSP TI を長くするほどスコアは増加傾向にあったが, 1700ms, 1800ms と減少する傾向が見られた. 1600ms が最も高スコアとなり, 1200ms, 1300ms, 1400ms, 1800ms に比し有意に高スコアであった.

物理評価として血管/筋肉コントラスト比を取り図 5 に示した. 背景となる筋肉信号に対する血管の信号は 1200ms~1600ms まで上昇し, 1600ms で一定となり, 視覚評価と同様の傾向が見られ, 1200ms と 1600ms の間に有意差が見られた.

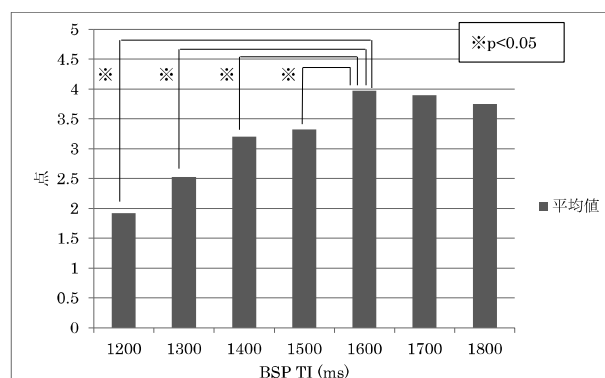


図 2. 鎖骨下動脈末梢側描出の程度

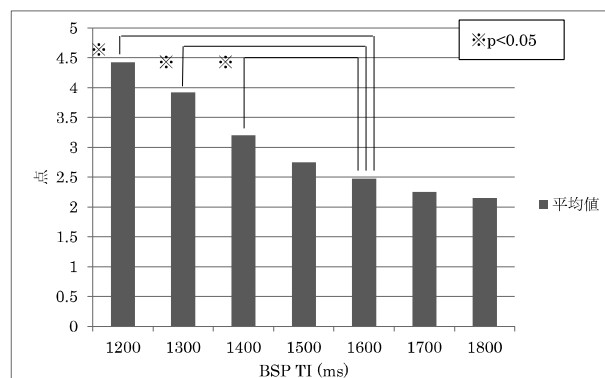


図 3. 静脈出現の程度

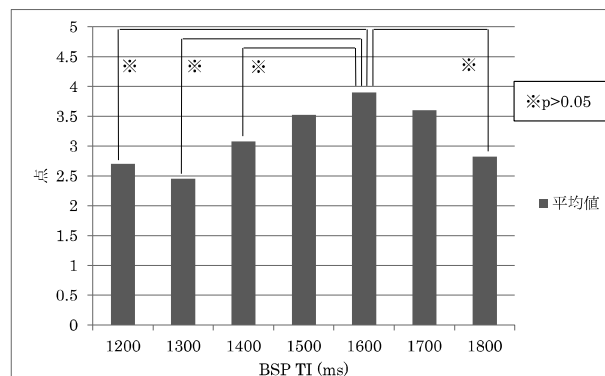


図 4. 閉塞に見えるアーチファクトの程度

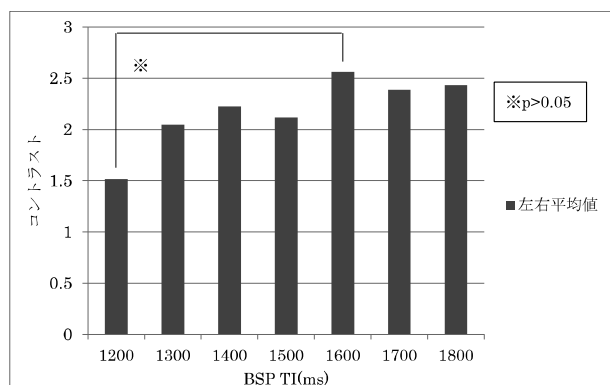


図5. 血管/筋肉コントラスト

考 察

非造影の MR Angiography (MRA) として広く用いられる TOF 法は、数 10ms の TR 間にスライスに流入するプロトン画像化している。そのためスライスに直交する血管の描出は優れるが、スライスに平行な血管の描出は劣る傾向がある。

非造影 IFIR 法は、選択的 IR パルスを打ってから撮影まで、BSP TI という待ち時間を設定できる⁴⁾。この待ち時間は 1000ms～2000ms 程度に設定でき、この間に流入するプロトンを高信号とする。そのためスライスに平行な血管も広範囲まで描出できる。BSP TI の設定を長くすれば血管の描出範囲は広がるが、IR パルスによって抑制された血管外信号も回復する為、コントラストが低下する。その為、鎖骨下動脈を撮影する際の至適 BSP TI の検討が必要であった。

今回の検討で、動脈静脈共に BSP TI を長く設定するほど描出範囲は広がった。これは BSP TI が長い場合には、短い場合よりも撮像範囲に流入した血流がより末梢まで到達することができるため、末梢側まで高信号に描出できるようになったと考えられる。

BSP TI を 1600ms より長くしても、動脈描出のスコアは増加しなかった。これは、動脈の血流速度が速く、1600ms で FOV 内における鎖骨下動脈の血流が十分に画像化されたためと考えられる。つまり BSP TI 1600ms で IR パルス後に撮像範囲に流入した血流が鎖骨下動脈末梢まで到達したため、BSP TI をそれ以上長く設定しても描出範囲は変化しなかったと考えられる。加えて血管外信号の回復により血管のコントラストが低下することも一因であると考えられる。

静脈のスコアは動脈とは異なり 1600ms 以上でも減少した。これは静脈の血流が遅く BSP TI を 1600ms より長く 1700ms, 1800ms と設定すると撮像範囲に流入した血流は更に近位に移動し描出される静脈が増加するため、スコアは減少を続けたと考えられた。今回の撮像範囲には鎖骨下静脈と頸静脈が描出された。鎖骨下静脈は尾側から血流が来るために IR パルスで信号を落とすのが困難であるが、頸静脈は IR パルスの範囲を頭側に拡大することで改善されることが期待でき、今後の検討課題である。

非造影 IFIR 法では、大動脈からの鎖骨下動脈の分岐部やアーチ部分など近位部に信号が落ち閉塞に見えるアーチファクトが見られる。これは肺や肩周辺から首にかけての磁場の不均一の影響で起こると考えられた。BSP TI 1200～1600ms では BSP TI を長くするほどアーチファクトのスコアは上昇した。これは動脈の信号が上がり、血管外信号と血管のコントラストが上昇したためにアーチファクトが目立たなくなったからであると考えられた。1600ms 以上で再びスコアが減少したのは、血管外信号が上昇することで血管とのコントラストが低下し、血管内の信号低下部が目立つようになったためと考えられた。アーチファクトの対策として、従来用いている TOF 法の併用が有用であると考えられる。分岐やアーチなどの近位部は TOF 法で観察し、TOF 法で描出できない遠位部を非造影 IFIR 法で観察することで鎖骨下動脈の広範囲の観察が可能であると考えられた。

非造影 IFIR 法と同様の撮影法である Time-SLIP 法を用いて腎動脈を撮影した福島らの報告⁵⁾では、信号強度が最高になる TI は 1500ms であった。本研究では 1600ms で動脈の描出は最大となった。その理由としては、鎖骨下動脈の末梢は、腎動脈に比し大血管より分岐してからの距離が長いために、血流が末梢まで到達するのに要する時間が長いからであると考えられた。

以上から、非造影 IFIR 法で鎖骨下動脈を撮影する際には BSP TI は動脈描出が最大かつ静脈描出が少なく、アーチファクトが最小となる 1600ms が適していると考えられた。

結 論

非造影 IFIR 法で鎖骨下動脈を描出することが可能であった。非造影 IFIR 法で鎖骨下動脈を撮影する際の

BPS TI は 1600ms が適切であると考えられた。また、非造影 IFIR 法で鎖骨下動脈を撮影する際、磁場の不均一の影響で近位部に閉塞に見えるアーチファクトが発生することがあるため、TOF 法と合わせて非造影 IFIR 法を用いることが望ましい。

謝 辞

本研究を実施するに当たり、多大なご指導ご支援をいただいたスタッフの皆様、被験者として撮影にご協力頂いたボランティアの皆様がこの場をお借りして厚く御礼を申し上げます。

著者全員に本論文に関連し、開示すべき COI 状態にある企業、組織、団体はいずれもありません。

参考文献

- 1) 日本循環器学会. 末梢閉塞性動脈疾患の治療ガイドライン. 2015.
- 2) 荒木力. 決定版 MRI 完全解説. 第 1 版. 東京: 秀潤社; 2008. 539-553.
- 3) Sign・る (MRI コミュニティサイト)-GE ヘルスケア. 東京: GE ヘルスケアジャパン;
http://gecommunity.on.arena.ne.jp/signa-l/QuickGuide/MRIQuickGuide_Inhance_rev5.pdf.
- 4) 体幹部血管領域推奨条件-GE Healthcare Japan 編-磁気共鳴懇話会. 静岡: 磐田市立総合病院 末芳圭吾; 2015. Nov.4 ;
http://jikiryoumeikonwakai.kenkyuukai.jp/FilePreview_Subject.asp?id=4842&sid=1704&cid=352&ref=%2Fsubject%2Fsubject%5Flist%2Easp
- 5) 福島啓太, 宮崎功, 小林邦典ほか. 3TMRI における Time-spatial labeling inversion pulse (time-SLIP) 法を用いた腎動脈至適撮影条件と血管描出能の検討. 日本放射線技術学会雑誌 2016; 72(11): 1113-1121.