

**技 術**

**新しい非造影 MR angiography 法 (NATIVE) における血流描出の初期経験**

真壁 武司 守山 亮 中村麻名美

**First trial of Flow Visualization by New non contrast agent MR angiography (NATIVE)**

Takeshi MAKABE, Ryo MORIYAMA, Manami NAKAMURA

**Key words :** MR angiography — NATIVE — Non contrast agent

**はじめに**

近年 MRI は著しく進歩し、かつ普及しているが、その中でも MR angiography (MRA) は頭部から体幹部にいたるまで全身への応用が可能であり臨床に与えた恩恵は計り知れない。頭部 MRA では、time of flight (TOF) 法<sup>1,2)</sup> が主流であり造影剤を用いず関心領域に流入する血流を高信号として検出し、最大輝度投影法 (MIP)<sup>3)</sup> により画像化する。当院では、本法により脳ドックが行われ頭蓋内血管や頸動脈のスクリーニングに応用されている。また、体幹部では造影剤を用いて連続撮像法により解離性大動脈瘤の検査やテーブル移動による下肢動脈全長撮像<sup>4,5)</sup> などを行っている。しかし、それぞれの手法には撮像部位が限定されることや造影剤の使用が必須である血管があるなどの欠点がみられる。装置的にもコイル選択によって描出能に違いが生じることもあり全身に MRA が適応できて限界があるのが現状である。

今回 work in progress (W.I.P) ではあるが新たな非造影 MRA 撮像法<sup>6)</sup> が使用可能になったので描出能の検証を試みた。この方法は、心電図あるいは脈波同期を行い T2 強調画像 (T2WI) の撮像を行い、血流を高信号で描出させる画像と無信号にする画像を同時収集しサブトラクション法により MRA を作成する方法である。そこで我々は、TOF 法などの従来法に代わる方法となりうるか初期実験を行い若干の知見を得たので報告する。

**方 法**

新たな非造影 MRA の方法は「NATIVE (ネイティブ)」と呼ばれ、T2WI を撮像するための一種である

HASTE<sup>7)</sup> (Half-Fourier Acquisition Single-Shot turbo-SE) というシーケンスを元に行っている。文頭にも述べたが心電同期もしくは脈波同期を併用して、拍動の違いにより動脈血流が早いタイミングと定常流に近く動脈血流が遅くなるタイミングの二つのデータセットを収集し、サブトラクション処理をすることで動脈のみを描出する。また、動脈血流が早いタイミングではフローボイドによって拍動する動脈信号が低下するため、このタイミングでは主に静脈血流の描出が可能となる。

今回実際の検査では、脈波同期を行い 2 次元 (2D) の HASTE でトリガーのパルスピークからデータ収集開始までのトリガーディレイを 100msec ずつ変化させて撮像し、拍動により動脈信号が抑制されるタイミングと高信号になるタイミングを測定する。その後、本スキャンとして 3 次元 (3D) による HASTE をこのタイミングに合わせて撮像することで動静脈が描出される画像と静脈のみが描出される画像が得られることになる。この他の主なパラメータは、バンド幅 780Hz/pixel, matrix 192 × 256, 実効スライス厚 1.5mm, スライス枚数 96, 脂肪抑制パルス併用 IR = 180msec, TE 最短時間, パラレルイメージング<sup>8,9)</sup> 併用で GRAPPA = 2 である。

基礎実験として脈波同期を何サイクルにするのか、すなわち実効 TR が画像に与える影響を同意が得られた正常ボランティアを対象にして調べた。また、NATIVE では新たなパラメータとして Read-Out Flow Spoil (ROFS) 値というデータの読み取りの前後にどれだけの強度の磁場を印加するのかを決定する必要があるため、この設定値による画像の変化についてファントムを用いて分解能および形状再現性について検討した。

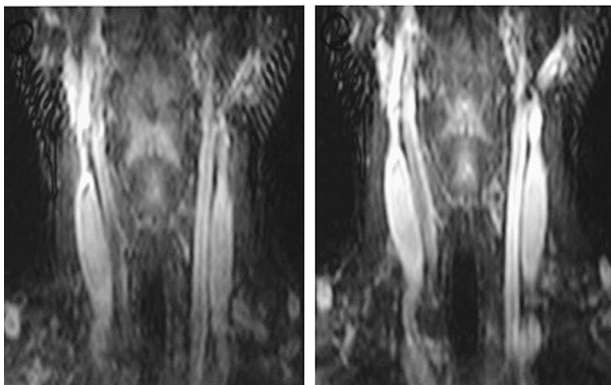
結 果

(1) 同期サイクルの違いによる描出の変化

頸動脈においてデータ収集を脈波の1サイクルから4サイクルまで変化させた画像を図1に示す。また、その時の動脈信号強度変化を図2に示す。同期するサイクルを長くすると動脈の信号強度は上昇するが検査時間も延長した。

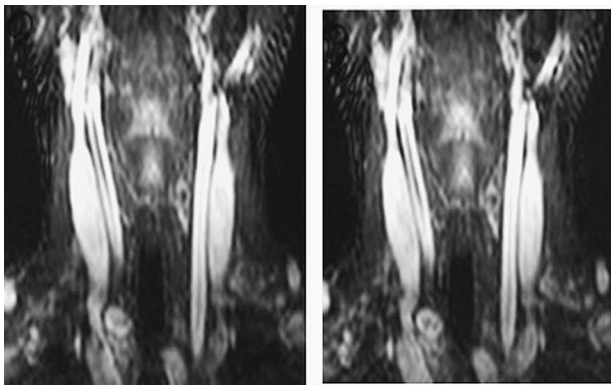
(2) Read-Out Flow Spoil による画像の変化

円柱を最小値から11段階に大きさを変化させ配置し



1パルス

2パルス



3パルス

4パルス

図1 NATIVEにおける脈波同期サイクルの違いによる画像

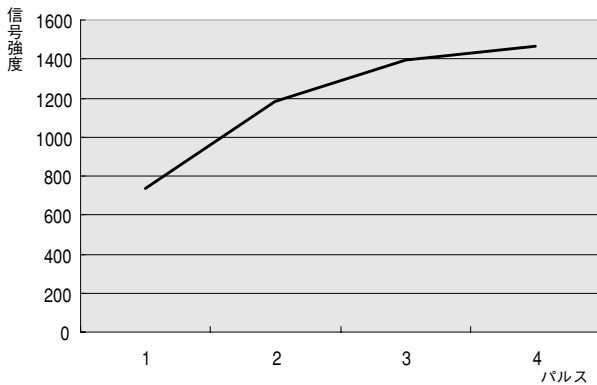


図2 NATIVEにおける脈波同期サイクルの違いによる頸動脈の信号強度変化

た分解能ファントムを撮像した画像を図3に示す。ROFS値は、実際にデータ読み取りを行っている時間を100%として、更に何%加えるのかという形で表現し、この値が大きければ撮像時間も延長する。図3から60~105%付近ではきれいな円を描出し最小は見えないものの最小から3番目では円柱も分離、認識していたがROFS値が少ない値では形状が再現されなかった。また、大きなROFS値ではボケが生じ流れるような画像となり画質が劣化した。

(3) 実際の画像

腹部大動脈の画像を図4に示す。腹部大動脈から左右の総腸骨動脈までは描出可能であったが横方向に流れているはずの分枝は明瞭に描出することはできなかった。次に、頸動脈の画像を図5に示す。本症例では、DSA、TOF-MRAと比較することができたがNATIVEでは狭窄病変が過大評価され描出されていた。

考 察

MRAは、非造影法と造影法に大別されるがそれぞれに適応部位が存在し欠点もあり使い分けが必要である。非造影MRAは、主に頭頸部に用いられており代表的な

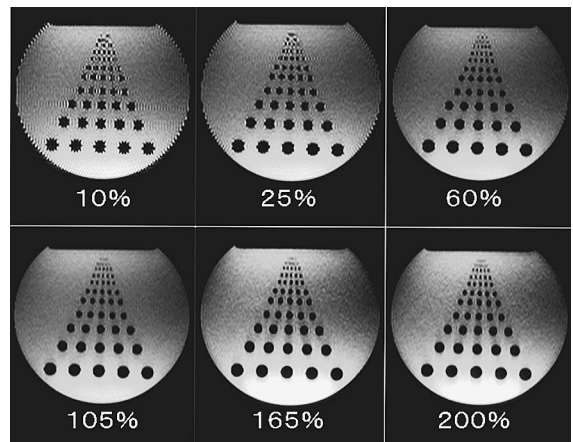
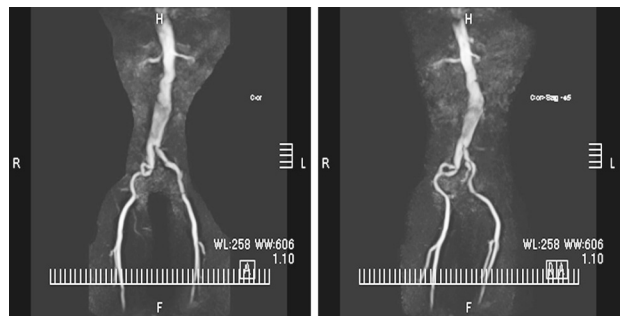


図3 Read-Out Flow Spoil 値の変化による画像の違い



(a)

(b)

図4 NATIVEを用いた腹部大動脈の非造影MRA (a)正面像 (A-P view) (b)右前斜位像 (RAO view)

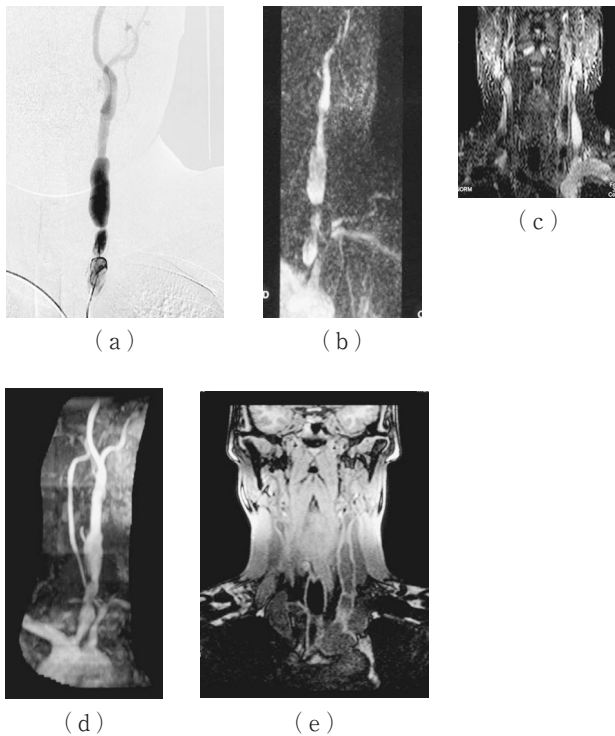


図5 頸動脈狭窄症における各種画像

- (a) DSA 正面像 (b) NATIVE による非造影 MRA
- (c) NATIVE 元画像 (d) TOF - MRA
- (e) MP-RAGE による血管壁画像

方法として TOF 法と Phase contrast (PC) 法<sup>9)</sup>が存在する。TOF 法は目的とする部位に流入する血液の信号を MR 現象の一つである flow related enhancement 効果<sup>10)</sup>により高信号に描出させ MIP 処理により観察するものである。この方法では、血流信号を最大限にするために撮像条件の最適化を図ると共に血流が関心領域に直行して入るように設定をしなければ高信号が得られないという欠点がある。従って、関心領域に斜めあるいは平行に流れるような血流信号は低下するため狭窄病変との鑑別には関心領域の設定角度などの情報と共に経験が必要になる。一方、PC 法は頭部の静脈などに利用されるが目的とする血流の速度がわからなければ描出できない方法である。TOF 法とは違い velocity encode という新たなパラメータを設定し、目的とする血流のみを選択的に描出することが可能で、動くものをターゲットにしているため背景の信号抑制効果が大きいのが特徴である<sup>1)</sup>。しかし、PC 法は撮像に時間がかかることや設定した流速が合わない場合、血流が描出されないなどの欠点もあり TOF 法に比べると使用できる部位が限定される。

造影 MRA は、近年の高速撮像により急速に普及した方法である<sup>4,5)</sup>。この方法では 10~20ml のガドリニウム系造影剤を使用するため少なからず侵襲があり、更に呼吸性移動のある部位では息止めをしてもらう必要がある。適応部位は胸腹部大血管や下肢動脈などで、血流描

出の原理も造影剤が存在する部位が高信号に描出され通常の血管撮影による DSA と同じ映り方をするため信号の意味を理解しやすい。

今回我々は W.I.P で使用することが可能になった NATIVE に注目した。この方法は造影剤を用いずに心電図や脈波同期により血管の拍動を捕らえて大血管や抹消血管を描出するために開発された方法である。造影剤を用いずに全身の血流を正確に描出することができれば腎機能障害のある患者など MRA 検査の適応も広がる可能性がある。

今回は、すべての例で心電図同期法より簡便な脈波同期で NATIVE の新たなパラメータについて検証し、なるべく負担を少なくするような方法で臨床応用を行ってみた。本法は、正確な生体同期が必要で動脈血流と静脈血流が描出されるタイミングを見極めることが重要である。しかし、同期サイクルに関しては長く設定すると信号強度は上昇するが検査時間も延長し体動によるアーチファクトも増えるので 2 サイクルでデータ収集を行うことにした。また、新たなパラメータとして ROFS 値の設定が重要であり大きな値を設定すると遅い血流を描出しやすくなるという報告<sup>11,12)</sup>があるが、画像にボケが生じる場合もあり最適化が必要である。従って、MRA のどのような方法にも言えるが撮像条件の最適化を図ることが必要で、目的とする血流を限定して使用するべきである。

臨床応用として腹部大動脈に NATIVE を使用した時は、血流描出のためには方向依存性があることが確認された。方向として頭尾方向に流れる場合と左右方向に流れる場合は、特に描出したい方向に位相エンコードを合わせるか、位相エンコード方向を入れ替える対策をとらなければならないと思われた。また、時間が許されるのであれば位相エンコード方向を入れ替えた 2 回の撮像で合成すれば描出能は向上することが考えられるが複雑に走行する部位ではまだ問題があると思われる。これは、複雑な流れと狭窄部位における乱流により病変が過大評価され他のモダリティや TOF 法と比べた場合、描出能が劣っていることが頸動脈に応用したときに経験した。今後、NATIVE を使用するに当たっては他の臨床検査との比較により描出能の検証が必要である。

アレルギーや腎機能障害などにより造影剤が使用できない患者の多くは、画像診断において有益な情報が得られないことがあり多々問題となることがある<sup>10)</sup>。今回は MRA における非造影法の新たな技術について使用する機会を得たがやはり適応と限界が存在するため、従来法とも比較し最適な臨床応用を目指して行きたいと考えている。

### ま と め

非造影MRA法であるNATIVEを使用する機会を得た。本法は、従来法と同様に撮像条件の最適化が必要であり全身の血流を描出するには制限があった。しかし、造影剤アレルギーや腎機能障害のある患者には非造影MRAは有益な情報をもたらすと考えられ、今後は臨床所見との検証を進め適応可能部位における非造影化を考え患者にやさしいMRA検査を目指したい。

### 文 献

- 1) Nishimura DG : Time-of-flight MR angiography. Magn Reso Med, 1990 ; 14 : 194-201.
- 2) 中田 力 : MR の基礎, 中田 力, 宝金清博編, 脳脊髄MRA基礎と臨床-流れの画像化, 中外医学社, 東京, 1997, p34-42.
- 3) Siebert J E, Rosenbaum T I : Image presentation and post-processing. Magnetic Resonance Angiography CONCEPTS&APPLICATIONS, Msoby-Year Book, 1993 ; USA, 223-234.
- 4) 山下康行, 満崎克彦, 高橋睦正 : ガドリニウム造影 3次元 軀幹部 MRangiography. 日磁医誌, 1998 ; 18(3) : 121-138.
- 5) 真壁武司, 守山 亮, 涌島 宏ほか : 自動式テーブル移動機構を用いた下肢動脈 3次元 MR-DSA. 函医誌, 2001 ; 25(1) : 48-52.
- 6) 井村千明, 小森芳秋, 丸山克也ほか : Double-Triggered HASTEによる非造影MR angiography - 動静脈分離の試み-. 日磁医誌, 2005 ; 25 (suppl) : 294.
- 7) 相部 仁 : 撮像法, 渡邊祐司編, MR hydrography と MR angiography, メジカルビュー社, 東京, 2002, p2-17.
- 8) 小原 真 : SENSE, 高原太郎編, MRI応用自在, メジカルビュー社, 東京, 2001, p2-11.
- 9) Swan JS, Grist TM, Weber DM, et al : MR angiography of the pelvis with variable velocity encoding and a phased array coil. Radiology, 1994 ; 190 : 363-369.
- 10) 久保 均, 松本知之 : 流れとMRA, 笠井俊文, 土井 司編, MR撮像技術学, オーム社, 東京, 2001, p70-76.
- 11) 松田直子, 北川 久, 庄司友和ほか : Triggered HASTEを用いた非造影末梢血管描出の試み. 日放技学誌, 2006 ; 第62回学術大会予稿集 : 194.
- 12) 藤井友宏, 斉藤稔生, 森岡祐司ほか : HASTEを用いた非造影による下肢動脈描出の検討. 日放技学誌, 2006 ; 第62回学術大会予稿集 : 194.