

○浅野 祐美、古牧 伸介、西山 征孝、田淵 昭彦  
川崎医科大学 附属川崎病院

**【背景・目的】** 脳血管領域で使用される TOF (Time Of Flight) 法は、3D GRE シーケンス (T1-FFE) を基本としており、ルーチン検査においては良好な血管像を得ることが可能である。しかし、体動が強い症例やより末梢血管を評価する場合、診断に必要な画像が取得できない場合がある。そこで今回この問題点改善を目的に、k-space をセグメントした GRE シーケンス (T1-TFE) を用いた非造影 MR-Angiography の撮像条件の最適化を行った。T1-TFE は、k-space Segmentation を用いたマルチショット化により、信号収集を分割して行うことで、極めて短い TR で撮像が可能となったシーケンスである。

**【方法】** 使用 MRI 装置は PHILIPS 社製 Achieva1.5T で、受信コイルは、SENSE-Head coil (8ch) である。同意の得られた健常ボランティアを対象とし、T1-TFE の撮像条件 (turbo direction : radial, Y, TFE factor : 2-10, MTC pulse : yes, no,) が血管描出に与える影響について比較検討し、撮像条件の最適化を行った。基本撮像条件は FOV : 200 mm, Matrixsize : 256 \* 152 (512r), SENSE factor : 2.0, slice : 120, slicethickness : 1.4 mm (0.7r), chunk : 3, TR : 24ms, TE : shortest, TONE pulse : yes, Fat suppression : SPIR, Flow compensation : yes, NEX : 1 とした。

**【結果】** MTC パルス有無における TFE factor を変化したときの脳実質と動脈血管の CNR の変化では、MTC パルスなしのときでは TFE factor を変化させても CNR に変化はみられなかったが、MTC パルスありのときでは TFE factor を大きくすると CNR は低下する傾向がみられた。また MTC パルスなしに比べ MTC パルスありのときのほうが末梢血管の描出は良好であった。撮像時間については TFE factor を大きくすると短くなる傾向にあった。

Turbo direction の検討では、得られた画像の脳実質の SNR は radial のほうがわずかに高い値を示したが、CNR では radial, Y とともにほぼ同等の値を示した。撮像時間については k-space shutter の使用により radial のほうが短くなった。

**【考察】** MTC パルスの併用によって、末梢血管の描出が向上した。これは、MTC パルスそのものの影響だと考えられる。また MTC パルスを併用した場合、

TFE factor の設定が大きくなるに従って、末梢血管の描出が低下した。これは TFE factor の設定を増やすことにより shot の後半部分で MTC パルスの効果が低下してしまうことが原因だと考えられる。Turbo direction の検討では radial と Y とでは、脳実質の SNR および脳実質動脈血管の CNR の差はわずかだったので、本検討では、撮像時間を重視して radial を最適な設定と判断した。

**【結語】** 脳血管領域における T1-TFE を用いた非造影 MR-Angiography の撮像条件の最適化を行った。最適化された条件下において、TFE factor を可変することにより、血管描出能を担保しつつ撮像時間をコントロールすることができ、診断に有用な画像を取得可能となった。今後臨床経験を重ね、さらなる画質改善を行っていきたい。



#### 【参考文献】

松本満臣ほか：3. 精度管理, 考える MRI 撮像技術 : 67-69, 2008

土井司 : 7.2. 臨床画像の評価法, MR 撮像技術学 : 272-273, 2001

# Dummy pulse を併用した radial scan における BB imaging —profile order と流速の関係—

○田淵 昭彦<sup>1)2)</sup>、荒尾 信一<sup>2)</sup>、古牧 伸介<sup>1)</sup>、西山 征孝<sup>1)</sup>

1)川崎医科大学 附属川崎病院  
2)川崎医療短期大学

**【背景】** MRI 検査において血管内腔の性状評価をする Black Blood (BB) imaging では、心電図に同期させた場合、TR が心拍数に依存し正確な T1 強調画像の取得が困難となることがしばしば経験される。近年、動きを補正する技術の一つとして radial scan 法が開発され、Low refocusing FA (LrFA) を併用することにより、非同期で動きを抑制した BB imaging の取得を可能となった。しかしながら、血管内腔に信号が残存し完全な BB imaging の取得ができないという報告もある<sup>1)</sup>。

**【目的】** LrFA FA を併用した radial scan 法を用い T1W BB 画像を取得する場合、流速、echo space (ES)、k-space 中心 echo が及ぼす影響について報告する。

**【方法】** PHILIPS 社製 Achieva 1.5T 装置を用い、PVA で満たした自作ファントム中に内径 6 mm のシリコンチューブを通し、血液の T1 値 (1097 msec) に調整した液体ファントムをローラーポンプで循環させた。matrix 等基本条件を固定し、流速を 5・10・20・30 cm/sec、profile order (low-high, linear)、Dummy pulse 数 (0, 1)、ES (4.9, 8.5 msec)、ETL (3, 4) と可変しチューブ内腔中心の SNR を測定し、以下の 3 項目について検討した。

1. K = 0 が 1<sup>st</sup> echo、2<sup>nd</sup> echo における流速と BB 効果
2. K = 0 が 1<sup>st</sup>、2<sup>nd</sup> (偶数)、3<sup>rd</sup> (奇数)、3-4 (中間) における流速と BB 効果

### 3. Echo space と BB 効果

#### 【結果】

1. 1<sup>st</sup> echo を含んだ場合、内腔は高信号を示し k = 0 が中間 echo の場合もっとも低信号を示した (Fig.1)。k = 0 が 2<sup>nd</sup> echo の場合、すなわち Dummy pulse を入れることにより顕著に内腔信号は低下した。またその影響は低流速で顕著に認められた (Fig.2)。

2. チューブ内腔の信号は k = 0 が中間 echo の場合最

も低下し、偶数、奇数、1<sup>st</sup> echo の順に信号低下が認められ、低流速の場合その傾向は顕著であった (Fig.3)。

3. Echo space を可変しても SNR に有意差は認められなかった (画像不掲載)。

#### 【考察】

1. Dummy pulse を入れることでチューブ内腔信号が低下した。これは k-space 中心に集まる diphasic 効果の少ない FSE 法の初期の echo が除去されたためと考える。本研究ではとくに低流速 (5-10 cm/sec) で Dummy pulse の効果は大きく、低流速では diphasic 効果が少ないため、FSE 法の初期 echo 除去の影響を強く受けたと考える。
- 2 中心 echo が偶数の場合 Dummy pulse を入れたにもかかわらず、k = 0 中心が 1<sup>st</sup> echo の場合に比べ信号低下は少ない結果であったが even echo rephasing 効果によるためと考える。また中心 echo が k = 0 をまたいだため中間 echo がもっとも低信号を示したと推測される。
3. Echo space を延長させた場合、信号低下は認められたが、有意な差ではなかった。本実験では TE を固定するために profile order で調節したため、TE が延長してしまい、dephase 効果が Echo space の影響を上回ってしまったことが原因と考えられる。すなわち臨床に使用される TE の短い T1 強調領域において Echo space の影響は殆ど無いと考える。

**【まとめ】** 動きを伴う部位において T1W Black Blood image を取得する場合、radial scan with Low refocusing FA は有効な手段である。Dummy pulse を入れること、また中心 echo が K = 0 をまたぐような profile order を設定することにより残存信号の無い BB imaging が得られる。とくに低流速の場合この効果は大きく有効である。

#### 【参考文献】

- 1) 小倉明夫他：BLADE 画像の k-space trajectory が画像特性に及ぼす影響。日磁誌 2009；1:12-19

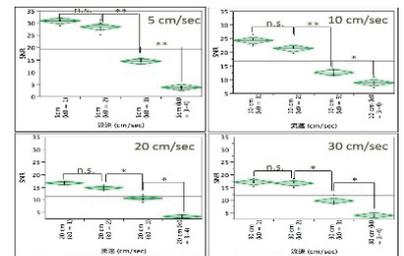


Fig. 3 Comparison of a SNR in each flow velocity when k=0 is 1<sup>st</sup>echo, even echo, odd echo and middle echo.

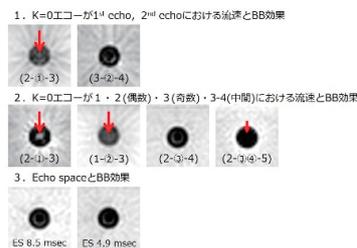


Fig. 1 Comparison of a signal intensity in inner cavity in each item when a flow velocity 5cm/sec. The arrow shows high signal, and arrow head shows lowest signal.

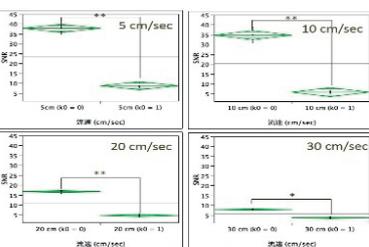


Fig. 2 Comparison of a SNR in each flow velocity when k=0 is 1<sup>st</sup>echo and 2<sup>nd</sup>echo

○川上 雄司、中河 賢一、小笠原 貴史、森本 規義  
倉敷中央病院 放射線センター

**【背景】** 鎖骨下動脈を描出する方法として心収縮期と拡張期の撮影を行いサブトラクションする TRANCE 法や inflow 効果を利用した Multi-chunk TOF 法、血液信号を高信号に描出する Balanced SSFP 法などが用いられている。しかし、TRANCE 法は体動によるミスレジストレーション、Multi-chunk TOF 法は複雑な血管走行による描出能の低下、Balanced SSFP 法は磁場の不均一によるアーチファクトの増加などの問題点がある。今回われわれは、それらの問題を解決できる可能性のある方法として、3D phase contrast (3DPC) 法に着目した。PC 法は動脈、静脈がともに描出されるが、心電図同期を用いることで、動脈を優位に描出できる可能性がある。

**【目的】** 心電図同期を併用した 3DPC 法の撮影条件の最適化を行う。

**【方法】** 同意の得られた健常ボランティア 5 名に対して以下の検討を行った。

### 1) VENC

鎖骨下動脈の 2D Q-flow を撮影し、得られた最大流速に対して 50%～200% に VENC の値を可変させ、ボランティアの撮像を行う。この時の TFE acquisition は、2D Q-flow で得られグラフより、動脈の流速の早いタイミングに設定する。

### 2) TFE acquisition

鎖骨下動脈の 2D Q-flow で得られたグラフより、動脈流速が早い時相を 100% として、180%、150%、100%、80%、50% の 5 種類の TFE acquisition でボランティアの撮像を行う。TFE acquisition は TFE factor により調整し、Trigger delay は一定とする。この時の VENC は、VENC の検討で得られた最適な値とする。

1)、2) で得られた画像に対して、鎖骨下動脈と腕頭静脈の SNR の測定と視覚評価を行う。

### 【結果】

#### 1) VENC

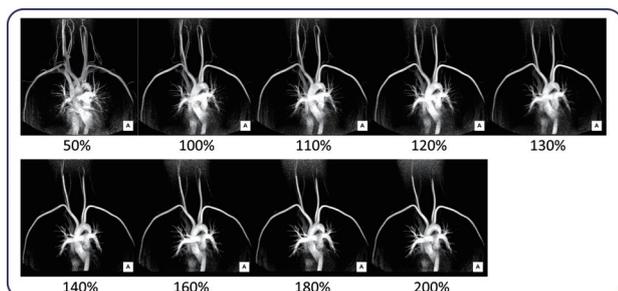


Fig.1 VENC を変化させた時のボランティア画像

VENC を最大流速に対して 130% の値に設定したとき、鎖骨下動脈の SNR は最大になった。VENC を大きくしていくにしたがって腕頭静脈の SNR は低下していった。VENC を 50% にしたとき、鎖骨下動脈の中心で信号低下が見られた。VENC を大きくしていくにしたがって、鎖骨下動脈と総頸動脈の起始部が細く描出された。

最適な VENC は最大流速の 130% であった。

#### 2) TFE acquisition

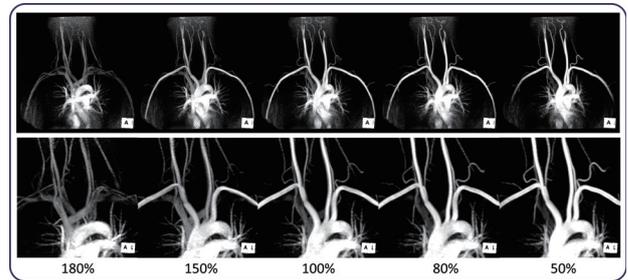


Fig.2 TFE acquisition を変化させた時のボランティア画像

TFE acquisition が短いほど、鎖骨下動脈の SNR は高くなり、鎖骨下動脈の描出能は向上した。TFE acquisition を 50% としたときに鎖骨下動脈の遠位で描出不良となった。

最適な TFE acquisition は 80% であった。

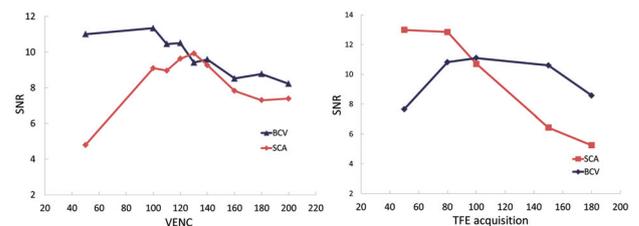


Fig.3 VENC を変化させた時の SNR (左)

Fig.4 TFE acquisition を変化させた時の SNR (右)

**【考察】** VENC が 50% のとき、流速の早い中心部血流は 180° 以上の位相シフトとなり、信号が低下していったと考えられる。逆に VENC を高くすると、辺縁の遅い血流は SNR が低下し、血管が細く描出されたと考えられる。

TFE acquisition が短くなりすぎると、鎖骨下動脈の遠位では流速のピークをとられず信号が低下し描出不良となったと考える。

**【結語】** VENC と TFE acquisition を最適化することで、鎖骨下動脈の描出能を向上させることができた。

しかし、最適な条件を使用しなければ、疑陽性や疑陰性になる可能性があり注意が必要である。

## 下肢末梢血管を対象とした Subtraction MR Angiography の血管描出改善の検討

○古牧 伸介<sup>1)</sup>、木田 勝博<sup>2)</sup>、西山 征孝<sup>1)</sup>、竹本 理人<sup>1)</sup>、藤井 政明<sup>1)</sup>、浅野 祐美<sup>1)</sup>、田淵 昭彦<sup>1)</sup>

1)川崎医科大学 附属川崎病院

2)岡山赤十字病院

**【背景】** 当院では下肢末梢血管を対象とした非造影 Subtraction MR-Angiography として、PHILIPS 社製の TRANCE (TRigger Acquisition Non Contrast Enhancement) を使用している。撮像条件は鎖骨下動脈を対象に最適化したものを流用しているが、症例によっては血管描出が不良となる場合がある。

**【目的】** 本検討は、より良好な血管像を安定して取得するために、撮像条件 (Refocusing Flip Angle) 及び処理条件に改善を加えたので報告する。

**【方法】** 使用した MRI 装置は PHILIPS 社製 Achieva 1.5T で、受信コイルは XL-Torso coil (16ch) である。基本シーケンスは、3D-T2w-VISTA (FOV : 380 mm, matrix size : 256 \* 512r, slice thickness : 3.0 mm, profile order : Linear, Turbo direction : y, flip angle : 90deg, TR : 1-2 heart beat, TE : 60ms, DRIVE pulse : yes, flow compensation : no, NEX : 1) である。

対象血管の最大血流値に対して、最も良好な血管像が得られる Refocusing Flip Angle (RFA) の設定値を決定するために、膝窩動脈における最大血流速度値が異なる同意の得られた健常ボランティア (16.8 cm/sec, 22.7 cm/sec, 32.4 cm/sec) 及び ASO の患者 (4.39 cm/sec, 7.35 cm/sec) 計 5 名の下腿動脈に対して、心収縮期での RFA の設定を可変 (100deg, 120deg, 140deg) し撮像を行った。このとき、心拡張期での RFA の設定は 160deg とした。得られた差分画像における、前脛骨動脈 (ATA)、腓骨動脈 (PeA)、後脛骨動脈 (PTA) と筋肉とのコントラストの算出と MIP 画像に対する血管描出の評価を行った。

サブトラクション画像の背景信号抑制を目的に、サブトラクション処理における重み係数について検討した。対象は浮腫性病変を合併した閉塞性動脈硬化症 (ASO) 患者 1 名の下腿動脈とし、重み係数の設定を可変 (1.0-1.5) して処理を行い、得られた MIP 画像の血管描出の評価を行った。

**【結果】** 各対象における血管と筋肉とのコントラストは、心収縮期の RFA の設定が小さくなるに伴い上昇する傾向にあった。MIP 画像については、比較的 maximum 血流速度値が速い対象においては、細かい血管の描出が RFA の設定が小さくなるに従って良好となるもの

の、太い血管の描出はあまり大きな差が見られなかった。一方、最大血流速度値が比較的遅い対象については、RFA の設定が小さくなるに従って、顕著に血管描出の改善が認められた。

重み係数の影響については、係数が大きくなるに従って背景信号が低下し、比較的太い動脈血管の描出は向上したが、細かい血管や狭窄部位のような微量な信号の描出が低下した。

**【考察】** 心収縮期の RFA の設定を 100deg にした場合、すべての対象の下腿動脈で筋肉とのコントラストが最大値を示したが、これは X-Y 平面上に再収束される血液のスピンは位相エンコードが進むごとに血液信号の位相分散が蓄積し、さらに T1 緩和や流速の影響も加味され、血流信号が低下したことが原因だと考える。またその影響は、比較的流速の遅い (10 cm/sec 以下) 対象や微細血管で強く、血流状態の悪い患者においてより有用性が高いと思われる。

重み係数が大きくなるほど背景信号が抑制され動脈の描出が向上したため、重み係数を付加したサブトラクション処理を用いることで、血管描出向上がききたい。しかし、係数が大きすぎると高信号部と低信号部の信号差が増加し、細かい血管など微量な信号の描出が困難となるため、臨床においては係数の設定には注意が必要である。

**【結論】** 本検討は、最大血流速度値の異なる僅か 5 名のみを対象とした評価であったが、RFA を心拡張期で 160deg、心収縮期で 100deg に設定することで、血管描出の改善が確認された。しかし、血流の遅い対象については、更に RFA を小さく設定することで、より血管描出の改善ができる。非造影 MR-Angiography の需要は更に増加傾向にあるため、今後臨床におけるあらゆる血流状態にも対応できるように、更なる検討を行っていきたい。

### 【参考文献】

- 1) 中村理宣ほか：VRFA-3DTSE-VISTA1009. Rad Fan 7 (5): 19-22, 2009
- 2) 石本剛：3T での非造影 MRA-3T TRANCE の真価と魅力. INNERVISION 23(9)
- 3) 荒木力著：流れの MRI. 決定版 MRI 完全解説：581-584

○大村 佑一<sup>1)2)</sup>、福田 喜脩<sup>1)</sup>、松浦 龍太郎<sup>1)</sup>、林 邦夫<sup>1)</sup>、山内 健太郎<sup>1)</sup>、大野 誠一郎<sup>1)</sup>、  
田原 誠司<sup>1)</sup>

1) 岡山大学病院

2) 岡山大学大学院保健学研究科

**【背景と目的】**腎機能不良の抹消動脈閉塞疾患の患者に対し、片手・手指の非造影 MRA 撮像の検査依頼がしばしばある。しかし患者によっては撮像体位に制限があり、長時間の検査が難しい場合がある。

末梢動脈閉塞疾患とは末梢動脈に動脈硬化症が生じ、手足に血行不良が起こる疾患で、しびれ・痛み、悪化すると潰瘍ができ、壊死することもあり、末梢血管の疾患の中で最も多く、血管外科、循環器科で診療されることが多く、当院ではリウマチ内科からの検査依頼もある。

末梢動脈のコントラスト・撮像時間及び体位の安楽さを評価基準とし、前述の患者に対する片手・手指の非造影 MRA 撮像プロトコルの検討を行った。

#### 【方法】

(使用機器) 使用装置として MAGNETOM Skyra (SIEMENS 3T) 使用コイルは HeadCoil 20 及び Flex Large Coil を用いて 29 歳男性 2 名の健常ボランティア 2 名での検討を行った。

(撮像シーケンス) T2stir-space/3D-TOF/T2medic/NATIVE-space/2D-TOF を FlexCoil・HeadCoil でそれぞれ撮像し、撮像時間は 5～6 分を目標とした。

(ポジショニング) HeadCoil 使用時では腹臥位・挙上、FlexCoil 使用時では腹仰臥位・体の横に手を下ろして撮像を行った。撮像後にボランティア 2 名に安楽であった方を選択してもらった。

(画像評価方法) 診療放射線技師 3 名で、取得画像の 10 種のうち、末梢の血管のコントラストが良好と思われるものを、1 位 10 点、2 位 9 点…10 位 1 点で点をつけた。その合計点 (30 点満点) の最も高いものを最適シーケンスとした。

**【結果】**取得画像の一例を図に示す。



図 T2stir-spaceMIP 画像及び T2 medic-3DminIP 画像

画像評価では HeadCoil による T2-medic-3D で撮像した画像が最もよい結果となった。次いで HeadCoil による T2stir-space の画像がよい結果となった。ポジショニングの安楽さはボランティア 2 名とも HeadCoil での撮像を選択した。

今回の検討で取得画像したうち、画像評価・撮像時間から、シーケンスは T2 medic-3D が最適とであると判断した。ポジショニングは HeadCoil を使用した方が安楽であったとの評価だった。HeadCoil を用いた T2 medic-3D を撮像プロトコルとして採用した。

#### 【考察】

(シーケンスについて) 今回の検討においては T2 medic-3D が最も適している結果になったが、T2-stir-space も同様に有用であったと考えられる。画像処理としては T2 medic-3D では thin MIP が、T2-stir-space では MIP が適していた。また、T2-stir-space は flow の補正処理を用いることで静脈の影響を抑えることができた。二つのシーケンスともに撮像後に MPR の処理ができることも利点としてあげられる。(ポジショニングについて) 当院で手指の撮像を行う際のポジショニングで検討を行った。HeadCoil を用いて手をあげた腹臥位が安楽という結果であったが、この体位が厳しい患者もいる。この場合、FlexCoil を用いて手を体の横に下ろした仰臥位が適している可能性もある。両者とも厳しい場合、腹部の上手に置くポジショニングが考えられるが、体厚や呼吸による動きも考慮しなければならない。

(今後の課題として) 今回の検討はどのシーケンス・体位が安楽・短時間で、良好な画像が得られるかを検討したものであるため、各シーケンスのパラメータ設定等の十分な検討はされていない。今後は各シーケンスの検討が課題である。