

○中河 賢一

倉敷中央病院 放射線センター

【背景】MRI による頸動脈プラークの検査は、さまざまなコントラストを用いることでプラークの性状を認識できるモダリティとして期待されている。

今回、われわれは、血流の拍動によって動くプラークに着目し、そのプラークを静止画だけではなく、動画表示することで客観的に硬さを評価できないかと考えた。そのための初期検討として black blood の CINE 画像 (BB-CINE) の撮影を試みた。

【目的】BB-CINE の撮像条件の検討を行った。

【方法】装置は PHILIPS 社製 Achieva 1.5T (R2.6)、コイルは、Flex-S、Q-body を使用した。基本シーケンスとして心電図同期を行った Turbo field echo に、BB 効果を良好に得るため presaturation pulse と improved motion sensitized driven equilibrium (iMSDE) を併用した。検討項目を (1) presaturation pulse の thickness とスライス間の gap、(2) iMSDE の flow venc とし、すべて当院の規定に従い、同意を得られた健常ボランティア3名と日興ファインズ PVA ゲルファントム 90-401 型に対して撮像を行った。撮像条件は、TFE factor = 2 (acquisition time = 22.9s)、FA = 50deg, FOV = 100 mm, slice thickness = 5 mm, NSA = 6, ECG trigger delay = shortest, number of phase = maximum, number of slice = 1, matrix = 160 × 128 である。1 スライスあたりの撮像時間と 1 心拍あたりに得られる phase 数を表に示す。

	Scan time/slice	Number of phase
HR60	4m49s	15phase
HR80	3m36s	11phase
HR100	2m53s	8phase

【結果】

(1) presaturation pulse の thickness を 30 mm、スライス間の gap を 1 mm 程度にすることで良好な BB 効果が得られたが、心収縮期の位相で消え残りが生じた。また gap を小さく、thickness を増加させるにつれて、SNR が低下した。(図1)

(2) iMSDE の flow venc を 3 cm/sec 以下にすることで心収縮期の位相で BB 効果を得ることができた。(図2)

【考察】thickness を厚くすることで、遠位から流入する信号を抑制でき、gap を小さくすることで REST とスライス間の血液を精度よく抑制できたためと考えられる。今回の phantom study より、gap と thickness は SNR に影響するため設定には注意が必要である。

iMSDE のパラメータである flow venc が小さいほど、強い傾斜磁場が印加されるため、動いているもの(特に血液)は信号が抑制される。今回のシーケンスでは acquisition time は約 23 ms (TFE factor 2) ではあるが、血管壁の動きによる信号低下は無視できない。そのため最適な flow venc は 3 cm/s とした。

【結語】BB-CINE を撮影するための撮像条件の検討を行った。BB-CINE は経時的にプラークの動きを表示することができるため、プラーク自体の硬さを評価できる可能性があり、臨床での有用性が示唆された。

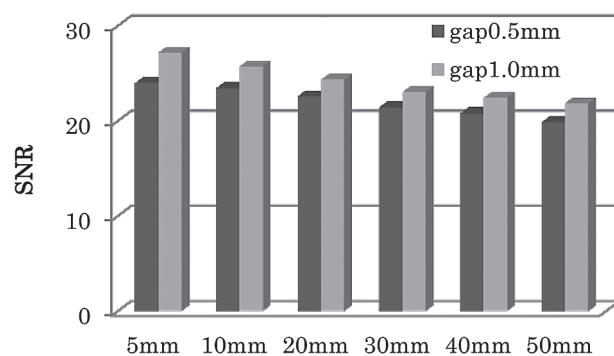


図1 presaturation pulse の thickness, gap と SNR の関係

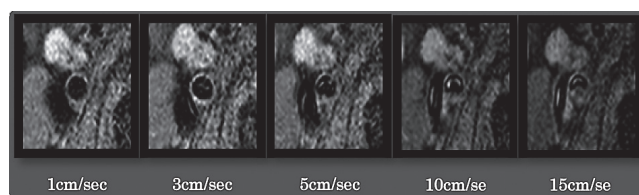


図2 Flow venc の違いによる収縮期の頸動脈画像

○小林 美耶子¹⁾、古牧 伸介¹⁾、木田 勝博²⁾、中河 賢一¹⁾、森本 規義¹⁾、中田 和明¹⁾

1) 倉敷中央病院 放射線センター、2) 岡山赤十字病院 放射線センター

【背景】頸動脈プラークの評価を対象とした Black Blood (BB) imaging において、血管走行に対して長軸断面での撮像はプラークの存在範囲を容易に把握できる方法として用いられている。当院ではシリンダ型 selective IR pulse 併用 3D-T1wTFE 法(従来法)を用いているが、IR pulse の形状から撮像範囲が限られたり、流れの影響で良好な BB 効果を得ることが困難な場合がある。

【目的】iMSDE (傾斜磁場を用いて血液信号の位相分散を引き起こし、信号を抑制する方法)を併用した頸動脈長軸 BB imaging (iMSDE BB) の初期検討を行ったので報告する。

【使用機器】MRI 装置はフィリップス社製 ACHIEVA 1.5T で、受信コイルは Flex-S-coil を使用した。

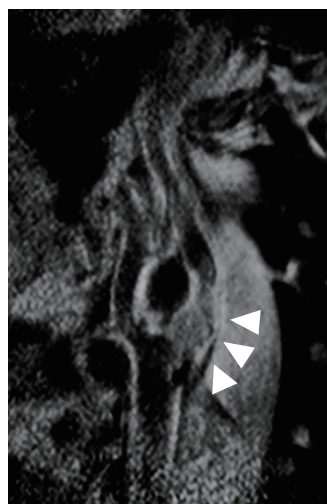
【方法】至適 Flip angle を決定するため、3種の不安定プラークと胸鎖乳突筋を模擬したファントムに対し、Flip angle を 5° から 50° まで 5° ずつ変化させて撮像し、各ファントムの SNR 及び胸鎖乳突筋ファントムとそれぞれの不安定プラークファントムとのコントラストを算出した。また、至適 Flow VENC を決定するため、同意の得られた健常ボランティアを対象に Flow VENC を 0, 1, 3, 5... と 20 cm/sec まで可変し、得られた画像の血管内腔の信号強度を比較した。さらに安定プラークを有する患者において従来法及び最適化された iMSDE BB を撮像し、血管内腔の SNR、プラークの SNR、プラークと胸鎖乳突筋とのコントラストについて比較を行った。

【結果】至適撮像条件 (Flip angle 40°、Flow VENC 3 cm/sec) を用いることで従来法と同等以上の画質で良好な BB 効果を得ることが可能となった。

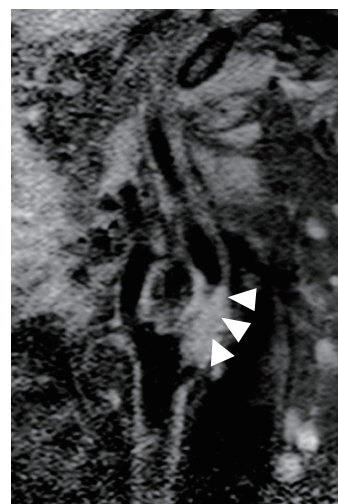
【考察】各ファントムの SNR は、Flip angle が大きくなるにつれて上昇したが、コントラストは Flip angle が約 35～40° の範囲で最大値を示し、その後プラトーもしくは低下した。本検討では頸動脈プラークの存在範囲を把握することを目的としているため、プラーク

と背景組織との高いコントラストを重視し、至適 Flip angle は 40° とした。また、血管の信号強度は、Flow VENC が小さくなるにつれて低下し、強い BB 効果が得られたが、これは Flow VENC が小さくなるほど位相シフト量が増加し、同時に位相分散効果が強くなるためだと考える。しかし、Flow VENC が 1.0 cm/sec の場合、血管壁に欠損が見られた。Flow VENC の設定が小さすぎると、強い位相分散効果により静止していない血管壁自体の信号も低下したものと思われる。以上のことより至適 Flow VENC は 3～5 cm/sec 程度とした。

【結語】iMSDE を併用した頸動脈長軸 BB imaging の撮像条件の初期検討を行った。最適化された撮像条件を用いることで、安定して良好な BB 効果を得ることが可能となった。また従来法ではシリンダ型 selective IR pulse の形状から広範囲に両側を同時に撮像することが困難だったが、iMSDE BB を用いることでスライス設定の自由度が高くなり、冠状断でも撮像が可能となった。今後、臨床経験を重ねて更なる画質の改善を行いたい。



従来法



iMSDE BB

【参考文献】

Wang, J., et al. : Proc. ISMRM 2007, 442, 2007.

小原真 : Black Blood Imaging の新しい高速化コンセプト : MSDE 法 - 血管壁病変およびその他の病変への応用の可能性 INNERVISION, 23・9, 82-83, 2008.

3D-FSE 法を用いた非造影肺血管 MR Angiography の試みと最適撮像条件の検討

○小畠 巧也¹⁾、久保 均²⁾、大塚 秀樹²⁾

1) 徳島大学医学部保健学科放射線技術科学専攻、

2) 徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部画像情報医学分野

【背景】非造影肺血管 MR Angiography (MRA) は、非侵襲的な検査手法として注目されているが、その画質はシーケンス依存性が高く撮像条件の最適化が必要である。非造影肺血管 MRA は、一般的に収縮期と拡張期に肺動静脈血管画像を撮り、その差分によって肺動脈画像を作成している。そのため、撮像タイミングによって信号強度が影響を受けるとともに、静磁場強度の違いによる画像への影響も考えられる。

【目的】本学の MRI 装置で肺血管 MRA 検査における撮像条件の最適化のために、撮像時相の違いと静磁場強度の違いが画像に与える影響について、物理的評価方法と視覚的評価方法の二法で検討した。

【方法】

〈撮像条件〉

対象は同意を得た健常人ボランティア5名(男性,21~22歳)とし、使用機器は1.5T 装置が GEHC Signa HDxt1.5T (8ch Cardiac Coil) 3.0T 装置は GEHC Discovery MR750 (32ch Torso Coil) とした。

非造影肺血管 MRA のために用いたシーケンスは、3D-FSE 系の Cube-T2 とした。

〈撮像方法〉

SSFSE で心周期を10相(1.5T)あるいは20相(3.0T)に分割した肺動脈本幹を含む肺野冠状断を撮像し、収縮期および拡張期三時相(前期、中期、後期)を決定した。その後決定した各時相を、Trigger delay time (TD) として定め、Cube-T2 で TD を変化させることにより、肺野冠状断を心電図呼吸同期併用で撮像した。

〈物理的評価方法〉

Cube-T2 で撮像した拡張期三時相それぞれの画像と収縮期の画像で差分画像を得た。差分画像で肺実質5箇所および肺動脈5箇所に ROI をとり、それぞれの差分値を解析した。

〈視覚的評価方法〉

読影実験を放射線科読影医3名と学生3名で行った。読影者は1.5T と 3.0T の拡張期三時相の計6枚の画像を見て、1. 肺血管が末梢まで描出されているもの、2. 肺血管と背景信号とのコントラストがついているもの、および3. アーチファクトが少ないものについてそれぞれ順位をつけ、5名分の平均順位を得た。

【結果】5人の撮像ボランティアの平均心拍数(/min)、設定した拡張中期の平均 TD (msec)、拡張期一時相の平均撮影時間(s)は、1.5T 装置が 57 ± 1.4 、 776 ± 65.8 、 331.6 ± 122.1 、3.0T 装置が 60 ± 4.5 、 736 ± 45.1 、 366 ± 40.4 であった。

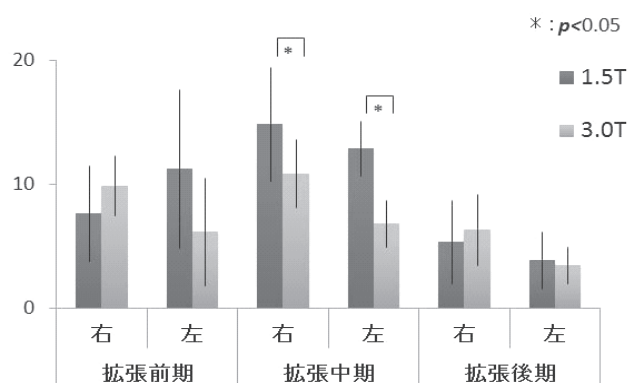


図1 物理的評価方法の結果

設定した ROI から肺実質に対する肺血管のコントラスト比を求めたところ、1.5T 装置で拡張中期の画像が最も大きな値を示した。拡張中期の両肺野において、磁場強度の違いによる有意なコントラスト比が観察された(図1)。また、視覚的評価方法においても全評価項目において有意差がみられ、1.5T 装置、拡張中期での画像(図2)が最も優れた平均順位を示した。

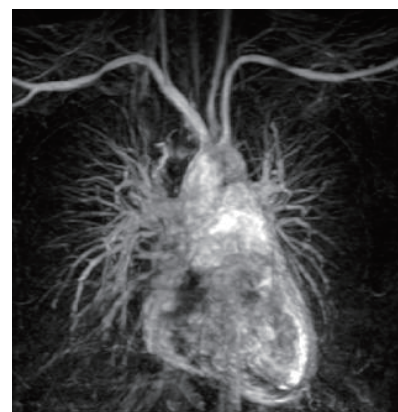


図2 1.5T 装置、拡張中期での MIP 画像

【考察】物理的評価方法、視覚的評価方法ともに1.5T 装置、拡張中期での撮像が肺血管の描出能について最も優れた評価を得た。その原因として、拡張前期および後期は肺動脈の血流速度が拡張中期に比して速いために動脈の信号が低下したこと、また3.0T 装置での描出不良の原因には、磁化率アーチファクトの影響が考えられた。

3T MRI 装置を用いた新たな血管内皮機能評価法の開発と喫煙の影響の評価

○服部 顕輝¹⁾、久保 均²⁾、原田 雅史³⁾

1) 徳島大学大学院保健科学教育部、2) 徳島大学大学院 HBS 研究部画像情報医学分野、

3) 徳島大学大学院 HBS 研究部放射線科学分野

【背景・目的】血管内皮機能は血管内皮細胞の機能をいい、一酸化窒素 (NO) 放出等による血管の収縮弛緩等様々な血管機能の調整を行っている。この機能は様々な生活習慣病によって低下するが、特に喫煙による影響¹⁾も報告されている。血管内皮機能の評価には超音波で血管径を評価する手法や、両側指尖部脈波で評価する手法などがあるが、いずれも専用装置でその評価しか行うことができない。そこで、本研究ではMRIを用いて汎用性高く血管内皮機能の評価する手法を開発するとともに、その手法で喫煙の影響について評価した。

【対象および使用機器】対象は同意を得た健常ボランティア 6 名 (22.3 ± 1.0 歳) で平均喫煙歴 2.3 年である。使用した MRI 装置は GEHC Signa HDxt 3.0T および GEHC Discovery MR750 3.0T であり、3.5 インチ円形表面コイルを用いた。FMD 装置は UNEX 社製 UNEX EF 18G、RH-PAT 装置は Itamar Medical 社製 Endo-PAT 2000、NIRS 装置は Shimadzu Medical 社製 OMM-3000 を用いた。なお、本研究は、本学倫理委員会の承認を受けている。

【方法】FMD 装置では、カフを用いた駆血前後の血管径および変化率を求め評価した。RH-PAT 装置では、カフを用いた駆血前後の脈波の変化による RHI (Reactive Hyperemia Index) 値を求め評価した。MRI 装置では、カフを用いた駆血前後の血管径および変化率を求め評価した。NIRS 装置では、カフを用いた駆血を開放した直後のデオキシヘモグロビンの定常状態への回復の程度を傾きとして定量化し評価した。MRI の撮像方法は、上腕内側に 3.5 インチ円形表面コイルを固定し、2D-FSPGR 法にて上腕動脈の画像を得た。FMD と同じ圧で 5 分間駆血後開放し、開放と同時に 2D-FSPGR 法で 3 分後までダイナミック撮像した。ImageJ を用いて血管径を測定し、以下の式より変化率を算出した。

$$\text{MRI 変化率} = (\text{最大時血管径} - \text{安静時血管径}) / \text{安静時血管径}$$

撮像条件は、TR = 12 ms., TE = 3.7 ms., FA = 60°, スライス厚 3 mm, FOV = 16 × 11 cm², matrix 384 × 192, scan time 10s とした。

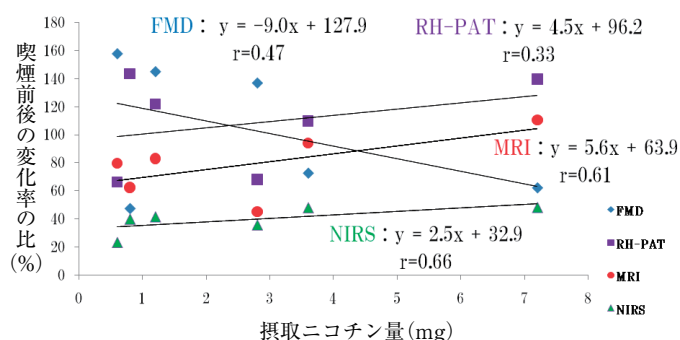


図1 摂取ニコチン量と喫煙前後の変化率の比の関係

【結果・考察】摂取ニコチン量と喫煙前後の変化率の比との関係を図1に示す。FMDでは摂取ニコチン量の増加とともにその比が低下する傾向がみられた。MRI、RH-PAT および NIRS では、逆に摂取ニコチン量の増加とともに変化率の比の値が高くなった。特にMRIとNIRSでは $r > 0.6$ と良い相関を示した。FMDでは、NO放出量の変化による血管拡張能の違いがニコチン摂取量に依存している可能性を示していると考えられた。RH-PAT、MRI および NIRS による評価ではいずれも同様の傾向を示し、ニコチン摂取による血管収縮能の変化について評価しているものと考えられた。MRI装置を用いると、他の形態的評価や機能的評価と組み合わせた血管機能評価が可能となるため、より高い精度を得ることができるとともに、血管機能に付随する因子を明らかにできる可能性が示唆された。本研究において開発したMRI装置を用いた血管機能評価法を用いることで、FMD装置やRH-PAT装置を用いた従来手法と同様の評価が可能であることが示された。

【参考文献】

- 1) Karatzis K, et. AL, Acute Smoking Induces Endothelial Dysfunction in Healthy Smokers. Is This Reversible by Red Wine's Antioxidant Constituents? JACN, 2007

○孝原 明日香¹⁾、古牧 伸介¹⁾、木田 勝博²⁾、中河 賢一¹⁾、森本 規義¹⁾、中田 和明¹⁾

1) 倉敷中央病院 放射線センター、2) 岡山赤十字病院 放射線センター

【背景】

FBI (Fresh Blood Imaging) 法に代表される Subtraction Angiography の臨床的有用性が多岐にわたって報告され、非造影シーケンスにおいて最も標準的な方法として確立している。当院でも PHILIPS の非造影シーケンスである TRANCE (TRigger Acquisition Non Contrast Enhancement) を使用して鎖骨下動脈や下肢動脈の検査を行っているが、下肢末梢血管については安定した画像を描出できていない。

【目的】

下肢末梢血管を対象とした TRANCE による非造影 MR-Angiography の撮像条件の最適化を行った。

【使用機器および方法】

使用した MRI 装置は PHILIPS 社製 Achieva1.5T で、受信コイルは8chのSENSE knee coilである。撮像条件の最適化を行うために、本研究に同意の得られた健常ボランティアに対し、TRANCEのパラメータ (Refocusing Flip angle, TE) を可変させ撮像を行い検討した。また subtraction 処理における重み係数を可変させて得られた画像から血管描出の比較を行った。

【結果】

最適化された撮像条件は、Refocusing Flip angle-120deg TE60ms, subtraction 処理時の重み係数は1.0～1.2であった。

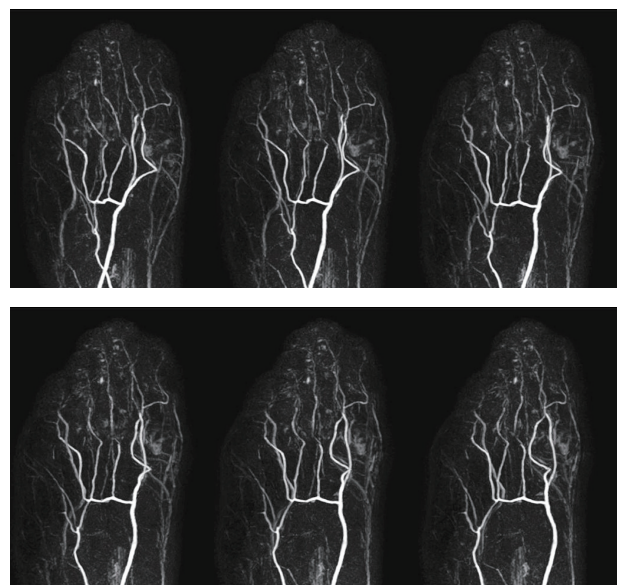
【考察】

Refocusing flip angle の設定が低いと血管描出は不良となった。これは X-Y 平面上に rephase する血液信号が少なくなることや T1 緩和の影響による血液そのものの信号低下などが原因となり、拡張期の血液信号が低下するためだと思われる。また設定が高い場合にも近位部の描出が不良となった。これは X-Y 平面上に rephase する血液信号が増加することや echo space が短いために流速の大きい近位部で dephase の影響が抑制されることが原因となって、収縮期の Black Blood 効果が低下するため差分画像においては描出不良になったものと考えられる。TE の設定は短

いほど Flow void になりにくく、長いほど Flow void が強く出すぎてしまうため今回の検討では60msが最適であると考えられる。Subtraction 処理における重み係数は大きくするほど動脈血管の描出が向上した。これは、動脈はもともと信号強度が高いために重み付けをすることによってさらに高信号に描出されるが、反対に静脈や関節液の信号はもともと信号が低いものがさらに抑制されるためだと考えられる。しかし係数を大きくしすぎると高信号部分と低信号部分の信号差が増加し、足指部のような微量な信号の描出が困難となるため重み係数を大きくするには注意が必要である。

【結語】

今回下肢末梢血管を対象とした TRANCE による非造影 MR-Angiography の撮像条件の最適化を目的に、撮像条件及び処理条件について検討した。最適化された TRANCE の撮像条件を使用することで下肢末梢血管を良好に描出することが可能となった。今後はさらに臨床経験を重ね、さらなる画像改善に努めたい。



【参考文献】

- 1) 石本剛 :3T での非造影 MRA-3T TRANCE の真価と魅力. INNEVISION23 (9):46-49, 2008
- 2) 中村理宣ほか :VRFA-3DTSE-VISTA2009. Rad Fan 7 (5):19-22, 2009

TRANCE を用いた頸胸部非造影 MR-Angiography の血管描出改善の検討

○古牧 伸介¹⁾、木田 勝博²⁾、大月 圭介¹⁾、園田 泰章¹⁾、小笠原 貴史¹⁾、川上 雄司¹⁾、
中河 賢一¹⁾、森本 規義¹⁾、中田 和明¹⁾

1) 倉敷中央病院 放射線センター、2) 岡山赤十字病院 放射線センター

【背景】

FBI (Fresh Blood Imaging) 法に代表される心周期2時相の差分により動脈のみを選択的に描出する Subtraction MR-Angiography は、非造影シーケンスにおいて最も標準的な方法として確立されている。2008年の本学会において、鎖骨下動脈を対象とした TRANCE (TRigger Acquisition Non Contrast Enhancement) の撮像条件の最適化を行い、現在臨床使用している。しかし、頸胸部領域において血管描出不良となることを経験した。

【目的】

頸胸部領域における血管描出改善を目的に、撮像条件及び処理条件について検討したので報告する。

【方法】

使用 MRI 装置はフィリップス社製 Intera Achieva 1.5T master gradient で、受信コイルは SENSE-NV-coil (16ch)、SENSE-Spine-coil (15ch) である。総頸動脈近位部に設定したスライスにおける最大流速値が異なる健常ボランティア3名 (30 cm/sec, 50 cm/sec, 70 cm/sec) を対象とした。各流速における Refocusing flip angle (以下 RFA) の最適化を行うために、心拡張期の RFA の設定を 160deg とし、心収縮期での RFA の設定を可変し血管描出の影響について検証した。また差分処理における重み係数を可変し、背景組織信号の抑制効果及び血管描出能について比較した。

【結果】

最大流速値が 30 cm/sec のボランティアでは、RFA の設定を 100deg に設定することで血管描出が良好であった。また、50 cm/sec-70 cm/sec では RFA の設定による血管描出の差はなかった。

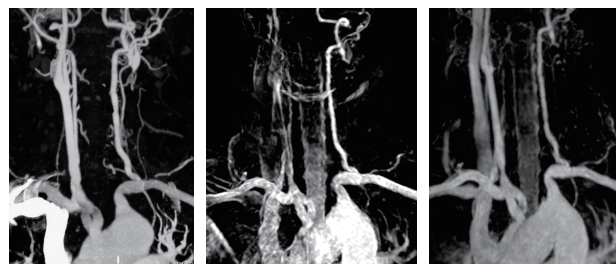
差分処理における重み係数が大きくなるに従って、背景組織信号が低下し血管の描出能は向上したが、細い血管の描出能は低下した。

【考察】

血流が比較的遅い (30 cm/sec) 場合、RFA を低く (100deg 程度) 設定することで血管描出が良好であったのは、心収縮期において X-Y 平面上に rephase される血液のプロトンが少なくなることで信号が低下し、さらに T1 緩和の影響も加味されたことが原因である

と考える。一方、血流が比較的速い (50-70 cm/sec) 場合、RFA の設定による血管描出の差は見られなかったのは、心収縮期において流速が速い場合、RFA の設定が高い場合でも十分な Flow void 効果が得られたものと思われる。

差分処理における重み係数が大きくなるほど、動脈血管の描出が向上したのは、動脈は信号強度が高いため、重み付けによりさらに高信号に描出され、背景組織信号は信号強度が比較的低いため、係数の増加に伴い信号強度が低下したことが原因であると考えられる。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、細い血管や狭窄部位のように微量な信号の描出が困難となるため、臨床においては注意が必要である。



a) 3D CTA, b) TRANCE 血管描出改善前, c) TRANCE 血管描出改善後

a) 3D CTA, b) TRANCE 血管描出改善前, c) TRANCE 血管描出改善後

【結語】

頸胸部領域における血管描出改善を目的に、撮像条件及び処理条件について検討した。本検討は健常ボランティアによる最適化によるもので、実際の頸胸部血管に疾患を有する患者群とは背景が異なるため、結果の乖離が生じる可能性がある。しかし、臨床で使用する場合の目安値として確立することができた。非造影 MR-Angiography の需要はさら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でも対応できるように、さらなる検討を続けていきたい。

【参考文献】

- 1) 石本剛 : 3T での非造影 MRA-3T TRANCE の真価と魅力. INNEVISION 23 (9): 46-49, 2008
- 2) 中村理宣ほか : VRFA-3DTSE-VISTA2009. Rad Fan 7 (5): 19-22, 2009
- 3) 荒木力著 : 流れの MRI. 決定版 MRI 完全解説 : 581-584