

MRI における ASL 法と IOF (イオフェタミン) 脳血流 SPECT を用いた脳灌流評価のための統計学的解析手法の検討

○坂野 啓一¹⁾、音見 暢一²⁾、原田 雅史²⁾、相馬 努³⁾

- 1) 徳島大学大学院・医科学教育部・放射線科学領域
- 2) 徳島大学大学院・ヘルスバイオサイエンス研究部・放射線科学分野
- 3) フジ RI ファーマ

【背景】 MRI における ASL 法は非侵襲的に脳灌流画像を取得できるが、臨床評価に関しては問題が多く応用は限られている。しかし、近年、高い SNR と高いラベル効率を併せ持った新しい 3DASL 法が登場し、注目を集めている。

【目的】 一般的に認知症の画像診断には脳血流シンチを用いた血流評価が行われている。現在では MRI 検査で 3DASL 法による脳血流評価がおこなわれており、ASL 法で得られた画像が認知症診断に有用であるか、脳血流シンチと比較を行った。両者を比較するために、同一患者の MRI の形態画像を用いて各灌流画像を標準脳へ変換を行い、各部位の関心領域の抽出を行えるプログラムを作成した。これを用いて、ASL 法と SPECT の相関性を評価し、統計学的に有意差があるかどうか検討を行う。

【方法】 SPM 解析のマクロ機能を利用して、Fig.1、Fig.2 のように MRI 検査の SPGR 画像矢状断を用いて正常脳への合わせ込みを行い、その変換情報を用いて各脳灌流画像を正常脳への変換を行った。さらに、各領域の ROI 内の血流値を自動で抽出するプログラム

も追加した。正常脳への変換を行った ASL と SPECT の脳灌流画像を SPM 解析で有意差検定を行った。

【使用機器・医薬品および解析ソフト】

撮影機器

- MRI 装置：GE 社製 3.0T DISCOVERY 750
- SPECT 装置：Toshiba 社製 e・cam Signature series

放射性医薬品

- IOF (イオフェタミン)¹²³I 注射液 (富士フイルム RI ファーマ)

解析ソフト

- SPM (Statistic Parametric Mapping) 8

【結果】 ASL と SPECT における相関性は、0.5~0.8 (平均 ± SD : 0.61 ± 0.091) であり、比較的高い相関性が認められたが、症例により相関程度に差異が認められた (Fig.3)。しかし、SPM 解析による有意差検定では、p < 0.05 の閾値での有意差を有する領域は指摘できなかった (Fig.4)。

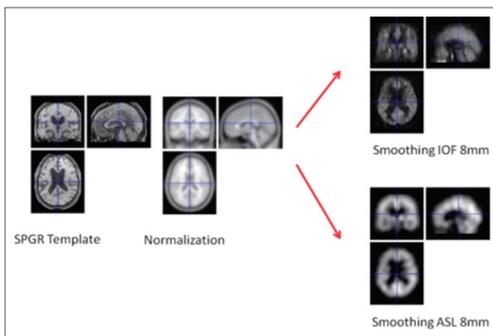


Fig.1 Spatial Normalization (SPGR template, ASL, SPECT) + smoothing FWHM 8 mm

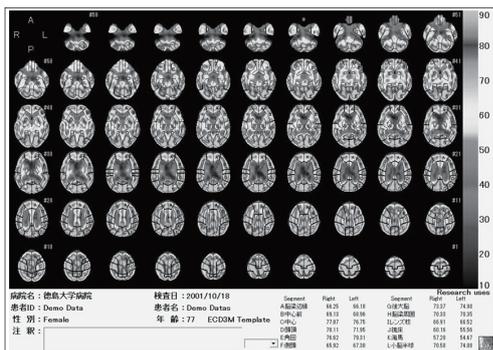


Fig.2 セグメント別局所脳血流値

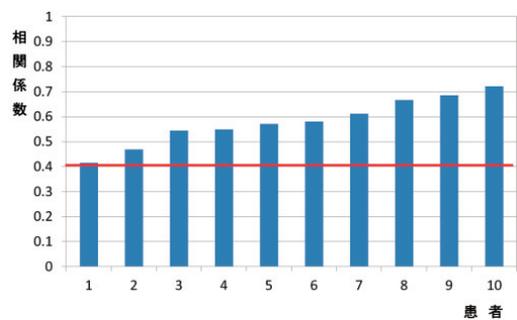


Fig.3 各患者の相関係数

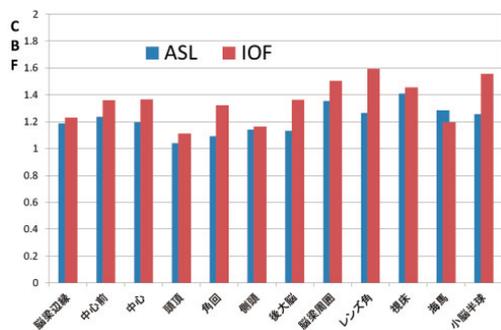


Fig.4 各脳領域の定量値 (CBF)

【考察】 ASL 法は、SPECT と同様に SPM 解析により、良好な相関が得られたことで、アルツハイマー病脳灌流の臨床評価に利用できる可能性が示唆された。

○宮原 可名恵¹⁾、鈴木 大介¹⁾、吉村 裕樹¹⁾、今井 広²⁾、宮田 一郎¹⁾、小林 有基¹⁾

1) 岡山済生会総合病院 画像診断科

2) 株式会社シーメンスジャパン アプリケーションサービス部

【背景】MR マンモグラフィではサブトラクションを行い、背景信号を抑制して造影効果を評価する。そこで問題となるのは、単純と造影画像で体動や呼吸などの位置ずれが生じてしまう。それにより、血性成分などの高信号成分が残り造影されているように評価されたり、MIP 処理を行った際、位置ずれによって皮膚表面の信号が残ると、血管走行などの評価が困難になる。

【目的】軟部組織専用の体動補正ソフト Breast Acquisition Correction (以下 BRACE) の有用性について検討した。

【使用機器】SIEMENS 社製 MRI 装置 MAGNETOM Skyra (Breast coil 16ch) 及び ESSENZA (Breast coil 4ch) を使用した。解析には ImageJ を使用した。

【方法】2013年7月～10月までの連続18症例を対象とした。

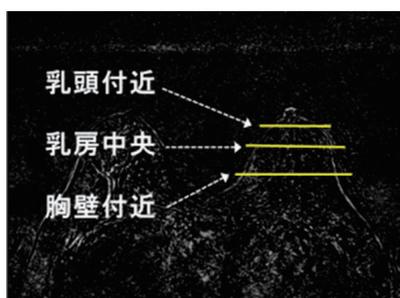
Table1 の条件で単純の T1WI Gradient Echo 3D 脂肪抑制 transverse 像を時間を置いて2回撮像した。

Table1 Imaging conditions

	TR (ms)	TE (ms)	Scan Time (sec)	FOV (mm)	Slice Sickness (mm)
3.0T	3.86	1.44	53	340	1.00
1.5T	5.45	2.38	60	330	1.50

撮像した画像を体動補正を行わないでサブトラクションしたものと、BRACE の Fast と Hi-Quality による体動補正を行った後サブトラクションしたものを作成した。

ImageJ にてサブトラクション画像の乳頭付近、乳房中央、胸壁付近で臨床データ1人につき3スライスで、9つのヒストグラムを作成した。選択する3スラ



イスは乳頭が見えるスライスと、頭尾方向に5スライスずらしたスライスとした。

ヒストグラムの信号値の和を計算し、体動補正を行わないものに比べ体動補正を行ったものの値の減少率について検討した。

BLACE とは、造影 MR 検査中の患者の体動を補正するために、2種類の異なった非剛体位置補正アルゴリズムである。

○Fast - ラプラシアンアルゴリズム

ラプラシアンフィルタにより、信号変化領域の輪郭線を抽出し、位置補正に利用する。信号強度自体ではなく、信号変化輪郭線なので、造影剤の取り込み量に影響されにくいという特徴がある。輪郭線抽出後はガウシアンフィルタと最小二乗法を使用した局所位置検索を行う。

○High-Quality - 相互相関最大化アルゴリズム

2つのボリューム間で局所相互相関係数を計算する。歪みや位置補正を行い、その係数が最大になる組み合わせを算出する。共役勾配アルゴリズムにより、始めに低分解能画像で大きな動きを補正し、徐々に高分解能データでの補正を行っていく。強固なアルゴリズムだが、計算負荷が非常に大きくなる。

【結果】BRACE を使用していない画像に比べて BRACE を使用した画像の方が信号値は減少した。

Fast と Hi-Quality の結果に有意差はなかった。

Table2 Reduction rate

	Fast	Hi-Quality	tTest
乳頭付近	26.9% (± 29.4)	29.8% (± 34.9)	n.s.
乳房中央	15.0% (± 26.6)	13.7% (± 29.0)	n.s.
胸壁付近	14.0% (± 24.5)	11.2% (± 32.2)	n.s.

【考察】BRACE によって、信号値が減少し、位置ずれが改善されたと考えられた。

皮膚表面の信号値が減少することによって、MIP 処理の際、血管走行が評価しやすくなると考えられた。

今後他の臓器に応用できるか検討したい。

【結語】MR マンモグラフィにおけるサブトラクション処理において BRACE は有用であった。

乳腺 MRI における、同時並列画像表示システムを利用した高解像度撮像条件の検討

○麻生 弘哉¹⁾²⁾、上田 英弘¹⁾、柴崎 三奈¹⁾、市川 勝弘²⁾

1) 画像診断センター 霞クリニック

2) 金沢大学大学院 医学系研究科 保健学専攻

【背景・目的】 現在の乳腺画像診断において MRI 検査は重要である。特に造影 MRI でのみ検出できる腫瘍が存在し、その存在を second-look エコーで再確認する試みが行われている。今回我々は、エコー撮影の補助機能として搭載されている、ボリュームデータから再構成された断面とエコーの断面を同期させる機能である Real-time Virtual Sonography (RVS) を利用し、エコー上の表示画像を高解像度で表示するための撮像条件を検討したので報告する。

【方法】 使用機器は Philips Intera Achieva 1.5T release 3.2、乳腺の T1 値 T2 値 (T1 = 692, T2 = 159) を模擬したファントムと、その前後の T1 値 T2 値のファントムを作成し測定した。測定には均一度が高い Sense-Head 8ch coil を使用し、実際の撮像には C1 coil, Flex-s coil, Flex-m coil を使用した。撮像条件は 3D T1 TFE with SPAIR (e-THRIVE) を使用し、FOV 160mm, TR = 5.4ms, TE 2.8 = ms, Slice thickness = 10.0mm, matrix 272 × 512 (recon matrix) であった。また、検討方法として、

1. 撮像コイルの検討。本体付属のボディファントムを使用し、各々のコイルについて撮像範囲(広さと深さ)の信号値を測定。
2. 撮像条件の検討。TFE factor, Flip angle (FA) の変化による信号値を測定。
3. エコーを模擬した仮想 FOV と撮像収集断面の違いによる評価(視覚評価)の検討。画質評価は撮像断面を axial と coronal で収集し、その画像から axial, sagittal (45°)、矢状断の再構成を行い、その再構成画像を MRI 経験者(5年以上)3名の診療放射線技師にて視覚評価を行った。視覚評価は5段階 score (excellent, good, normal, poor, bad) で評価した。なおエコー上で実際の RVS は FOV 50mm で使用するので、再構成画像も FOV 50mm, 100mm, 150mm の拡大率で視覚評価を行った。

【結果】 撮像に使用するコイルの検討では、信号値の範囲は C1, Flex-m, Flex-s の順に広がった。また、深さ方向では、Flex-m の感度が最も高く、続いて Flex-s, C1 コイルの順であった。

次に撮像条件の検討では、TFE factor の増加における信号値の変化は見られなかった。FA の増加にお

ける信号値の変化は、FA35° 前後が乳腺ファントムとその他のファントムとのコントラスト比が最も高い値を示した。

FOV と収集断面による画質評価では、撮像断面は Coronal 撮像よりも、Axial 撮像の方が score は高く、有意差がみられた (Fig.1)。RVS 上の FOV 50mm を想定した Axial 撮像からの再構成画像は、Coronal 画像からの再構成画像よりも平均 score が高く、すべての再構成方向でも有意差が見られた。

同様に FOV 100mm を想定した Axial 撮像からの再構成画像は、Coronal 画像からの再構成画像よりも平均 score は高いが、sagittal の再構成方向以外で有意差が見られた。同様に FOV 150mm を想定した Axial 撮像から再構成画像は、Axial の再構成方向のみで有意差が見られた。

【考察・結語】 RVS 上で使用する FOV は 50mm が基準である。視覚評価の結果から、Axial 撮像での収集とその再構成画像において Coronal 撮像よりも有用性が認められた。Coronal 撮像は広い範囲を撮像することができるが、高解像度を求める場合、折り返りによるアーチファクトや息止めによる撮像時間の延長があるため、高解像度を望むことが難しい。しかしながら、腫瘍との位置関係が見やすく、コントラストが高い利点あげられる。本研究における Axial 撮像は RVS 用高解像度画像として有用であった。また、高解像度撮像は RVS を利用したエコーガイド下生検の成功率向上に寄与する可能性が考えられる。

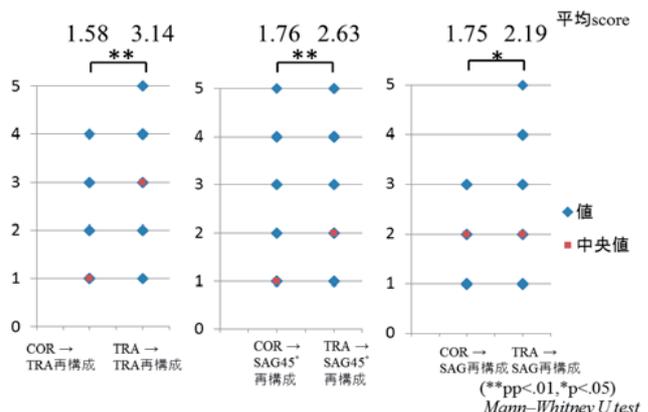


Fig.1 Axial 再構成、Sagittal 45° 再構成、Sagittal 再構成における、視覚評価の score 結果

○秋田 隆司¹⁾、穂山 雄次¹⁾、岩角 至子¹⁾、高橋 佑治¹⁾、横町 和志¹⁾、山岡 秀寿¹⁾、久米 伸治¹⁾、田村 隆行¹⁾、石風呂 実¹⁾、隅田 博臣¹⁾、栗井 和夫²⁾

1) 広島大学病院

2) 広島大学大学院 放射線診断科

【背景】 本院では、肝臓 EOB プリモビスト検査の Dynamic scan を 3D-FFE (Fast Field Echo) を用いて撮像している。3D-FFE のオプションでは、部分フーリエ法を用いた AFI (Asymmetric Fourier Imaging) をリードアウト方向のみ設定することが可能であったが、今回新たにスライスエンコード方向の AFI の設定が可能となった。スライスエンコード方向の AFI では、Acquisition ratio (収集率、以下 Acq) と、Correction Factor (以下、CF) の設定が任意にできるパラメータが追加された。これにより、大幅な撮像時間の短縮と画質の調整が可能となったが、Acq および CF の特性を深く理解出来ていないのが現状である。

【目的】 本研究の目的は、3D-FFE における AFI の Acq および CF について、基礎的な検討を行い、パラメータの設定と画質の関係を評価し特性を把握することである。

【方法】 使用装置および使用機器は、東芝社製 Vantage Titan 3T Ver.2.3 と日石式 PVA ゲル封入 MRI ファントム (90-401 型) 日興ファインズ工業株式会社を使用した。性能評価用ファントムを用いて、Acq (70~95%) と CF (0~100) を変化させ撮像を行い、得られた画像から SNR、Contrast scale、スライス厚を求め比較した。撮像条件は、repetition time (TR): 5.8 msec, echo time (TE): 1.9 msec, field of view (FOV): 256 mm, 256 × 256, slice thickness: 1.5 mm (スライス厚測定時は 5 mm)、加算回数: 3 回とした。SNR は、放射線技術学会画像分科会の SNR 評価用プログラム (差分マップ法) を用いて SNR map を作成し SNR を求めた。Contrast scale は、対象とする 2 種類の物体に ROI を設定し、信号強度の平均値を測定する。測定された平均値を用いて、Contrast scale の測定を行った。スライス厚は、ウェッジ法を用いて行った。第一と第二のくさびから得られた端部応答関数 (ERS: edge response function) を隣差微分しスライスプロファイルを求めた。各スライスプロファイルの半値幅 (FWHM: full width at half maximum) を測定しスライス厚を求めた。

【結果】 SNR は、Acq のみを変化させた場合において Acq が低いほど SNR は低下し、CF のみを変化させた場合において CF が低いほど SNR は向上した。Contrast scale は、Acq および CF を変化させた場合において変化しなかった。スライス厚は、Acq のみ

を変化させた場合においてスライス厚の変化していなかった。しかし、CF のみを変化させた場合において、CF が低くすると最大で 5 mm から 6 mm にスライス厚が変化した。

【考察】 SNR において Acq が低く設定するほど SNR が低下したのは、エルミート対称の割合が増加し、偽の高周波成分 (ノイズ) のデータが増加したためと考えられる。また、CF (エルミート対称) が低く設定するほど SNR が向上したのは、Zero filing の割合が増加するため、偽の高周波成分 (ノイズ) のデータが減少したためと考えられる。Contrast scale は、TR、TE などのコントラストに影響するパラメータが変化していないためである。スライス厚において CF が低く設定するほどスライス厚が厚くなったのは、高周波成分のデータが減少し、スライスプロファイルのサイドローブに影響したためと考えられる。

【結論】 3D-FFE におけるスライスエンコード方向の AFI の Acq および CF について、基礎的な検討を行い、パラメータの設定と画質の特性を把握することが出来た。



【参考文献】

- 1) 今井 広、宮地 利明、小倉 明夫、土井 司、土橋 俊男、町田 好男、小林 正人、清水 幸三、木藤 善浩『差分マップ法および連続撮像法による Parallel MRI 画像の SNR 測定』2008.8 日本放射線技術学会誌
- 2) 和田 陽一、原 孝則、宮地 利明『MRI システムのファントムにおける CNR 測定法の基礎評価』2008.2 日本放射線技術学会誌
- 3) 笠井 俊文、土井 司『MR 撮像技術学』2008.2 オーム社
- 4) 金森 勇雄、藤野 明俊、丹羽 政美『MR の実践 基礎から読影まで』2011.4 医療科学社

膀胱領域における T2 prep Pulse を用いない FLAIR-VISTA の基礎的検討

○小笠原 貴史、中河 賢一、川上 雄司、三浦 沙知、孝原 明日香、岡本 悠太郎、森本 規義、
光井 英樹、中田 和明
倉敷中央病院

【背景】膀胱腫瘍の検査において T2 強調画像は有用であり当院でもルーチン検査で撮像している。しかし、T2 強調画像では膀胱内の尿が高信号になり近接する腫瘍の進展範囲の同定が困難な場合がある。FLAIR 法を用いることで膀胱内の尿を低信号にできるため有用性の報告はあるが、Multi slice の FLAIR では thin slice での撮影は SNR が低く限界があり、膀胱へ新たに流入する尿の信号も落とすことが困難である。今回着目した FLAIR-VISTA は 3D 収集であるため thin slice で撮影が可能であり、IR pulse も non selective に印加されるため尿の消え残りを低減することが期待できる。この FLAIR-VISTA において T2 コントラストを付加する目的で T2 prep Pulse を用いると IR delay も短縮してしまうため健常者間でも尿の信号の落ち具合に差が出てしまうため注意が必要である。

【目的】膀胱領域における T2 prep pulse を用いない FLAIR-VISTA の最適条件を決定する。

【方法】 Philips 社製 Intera1.5T を用いて健常者の尿の信号が null point となる IR delay の計測を行った。次に turbo direction : Y/Radial において Half factor を可変させて画質の評価を行った。さらに、Refocusing Flip Angle (以下 RFA) と TE を可変させ、各組織の信号強度を計測し比較を行った。

【結果】 IR delay の計測では T2 prep Pulse の prep TE が大きいほど、また TSE factor が大きいほど IR delay は小さくなる傾向を示した。健常者 5 人の尿が null point となる IR delay の値の標準偏差が最も小さいのは prep TE が 0ms (= T2 prep を用いないとき)であった (Fig.1)。

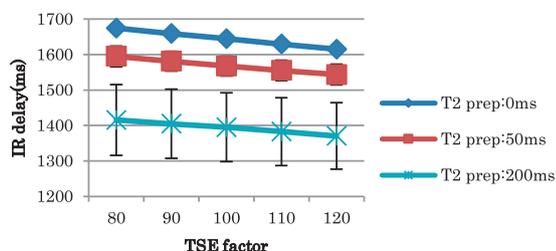


Fig.1 IR delay の結果

画質の評価では turbo direction が Y と Radial いずれのときも Half factor が 1.0 ではアーチファクトは認められなかった。turbo direction が Y のときは Half factor が 0.7 で位相方向にボケが生じていた。turbo direction が Radial のときは Half scan は用い

ることが出来ない。

各組織の信号強度の比較では TE が 150~210ms の範囲において同一 RFA では変化は小さかった。また、RFA を小さくすると筋肉の信号強度が大きくなり、RFA を大きくすると脂肪、精嚢、腹水の信号強度が大きくなる傾向を示した (Fig.2)。

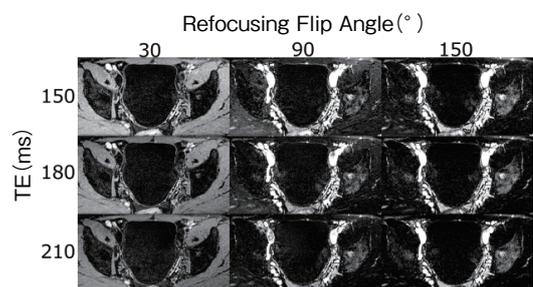


Fig.2 RFA と TE を可変させたときの信号強度の比較

【考察】 prep TE の値を可変することで null point が変化したのは、T2 prep Pulse が IR pulse の後に印可されるため、90°-180°-180°-90° の間に T2 減衰によって縦磁化が減少して、IR delay を短くしたためだと考える。よって、prep TE の値が大きいとき T2 減衰による差が大きくなるため検体ごとの IR delay の値もばらつきが大きくなったものとする。また、turbo direction : Y において Half factor を小さくすると位相方向にボケが生じた理由は、Half scan に起因するボケと考える。RFA を小さくすると筋肉の信号強度が大きくなったのは T2 緩和がより遅くなり、得られるコントラストはプロトン密度強調に近くなったためだと考える。

【結語】最適な FLAIR-VISTA の条件を用いることで異なる T2 値を持つ被験者の尿においても尿の信号値を抑制し、アーチファクトの少ない T2 強調画像を撮像できるため、T2 prep Pulse を用いない FLAIR-VISTA の膀胱領域における臨床での有用性が示唆された。

【参考文献】

- 1) 松田 久雄、上島 成也、栗田 孝『膀胱腫瘍における Fluid attenuated inversion recovery (FLAIR) 法による MR 像の検討』泌尿器科紀要 1996 42(6): 411-415
- 2) 米山 正己、中村 理宣、奥秋 知幸、田淵 隆、武村 濃、小原 真『3D 高速スピノエコー法の新たな展開～コントラストのコントロール方法に関して～』映像情報メディカル増刊 2010.12 42(14): 114-123