

ボラス注入時における 3D 造影 MR angiography

藤井秀和¹, 坪田秀一¹, 吉川裕幸², 山本 徹³

¹北海道大学医学部附属病院放射線部 ²同医学部放射線医学講座

³同医療短期大学部

はじめに

造影剤の T₁ 短縮効果を利用した 3D 造影 MR angiography (MRA) の技術を用い、肺動脈と胸部大動脈、腎動脈と腎静脈等、循環時間に差の少ない血管を分離して撮像するには、造影剤をボラス注入し、目的血管へ撮像タイミングを設定する手法が適している^{1)~5)}。しかし、ボラス注入での 3D 造影 MRA は、持続注入時と比較すると撮像タイミングの設定によっては画像の鮮鋭度、コントラストの低下を招きやすい。

今回、血管を想定したファントムを用い、ボラス注入時の 3D 造影 MRA で、撮像開始と造影剤注入のタイミングの違いが画質に及ぼす影響およびボラス注入と持続注入時での画質の検討を行った。

対象と方法

1) ボラス注入での time intensity curve の作成

ファントム上でボラス注入を再現した。MRI 装置は、SIEMENS 社製 Magnetom Vision (1.5) を使用した。ファントムは、内径 1 cm のガラス管を使用し、循環ポンプを用い水道水を流速 10 cm/s で循環させ、側孔より根本杏林堂社製 MRI 用造影剤自動注入器 (MRS-50) を使用し造影剤注入可能な機構

とした。ファントムに造影剤を注入し、同時にガラス管断面を毎秒 1 画像 40 秒間 turbo-FLASH (TR/TE/flip angle/TI/TD=3.3/1.4/8°/12/580, 128×128 matrix, 10 mm slice thickness) を用い撮像し、time intensity curve (以下 TIC) を作成した。TIC の立ち上がりから立ち下がりの幅が、撮像時間の半分、約 10 秒になる注入速度と注入量を決定した。

2) 撮像開始と造影剤注入のタイミングの評価

1) の条件を用い、造影剤注入開始のタイミングを Fig. 1 に示すよう A から G まで変化させた場合および、造影剤の持続注入時での画像を 3D-FISP (5/2/30°, 256×106 matrix, 54 mm-thick slab, voxel size 1.77×0.98×1.5 mm, scan time 20 s) を用い、同一条件の下(receiver gain 一定) で撮像した。撮像した画像から、各タイミングでの画像の信号強度と分布および周波数成分の解析を行った⁶⁾。

3) コンピューターシミュレーション

今回使用した 3D-FISP は、スライス選択方

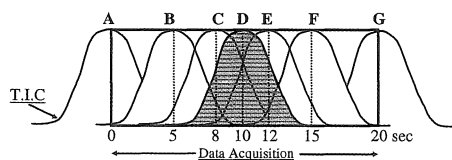


Fig. 1. The contrast medium was injected with several timings during data acquisition (A-G).

キーワード MR angiography, contrast medium, bolus injection, time intensity curve, power spectrum

向のエンコードの画質への影響は少ないので、シミュレーションは2次元で行った。

直径1.0 cmの血管を想定し、信号強度20, 50, 80, 100の4種類の疑似信号を作成しフーリエ変換した。各フーリエ変換したデータを16分割し、k-space上で組み合わせ、3種類のボラス注入でのタイミングの信号分布を再現した。各再現データを逆フーリエ変換し画像化した⁶⁾。

結 果

1) ボラス注入でのtime intensity curveの作成

造影剤注入速度毎秒5 ml, 注入量6 mlの条件で、ファントム上でボラス注入を再現することが可能であった。

2) 撮像開始と造影剤注入のタイミングの評価

ボラス注入では、撮像時間の中心から前後に造影剤注入のタイミングがずれるに従い、phase方向に信号が広がり、振動する。また、画像の信号強度も急激に低下してくる(Fig. 2)。k-spaceの信号分布は、持続注入時では、k-spaceのphase方向全体に信号が確認されるが、各タイミングの画像では、造影剤のTICに合った信号のみ確認できる。

パワースペクトル解析では、持続注入時と比較して、撮像時間の中心にTICのピークがくる時は高周波域のみ、ピークが周辺にずれるに従い、全域に信号の低下が見られるようになる。

3) コンピューターシミュレーション

ピーク信号がk-spaceの外側になるに従い、画像の信号強度の低下およびアーチファクトの

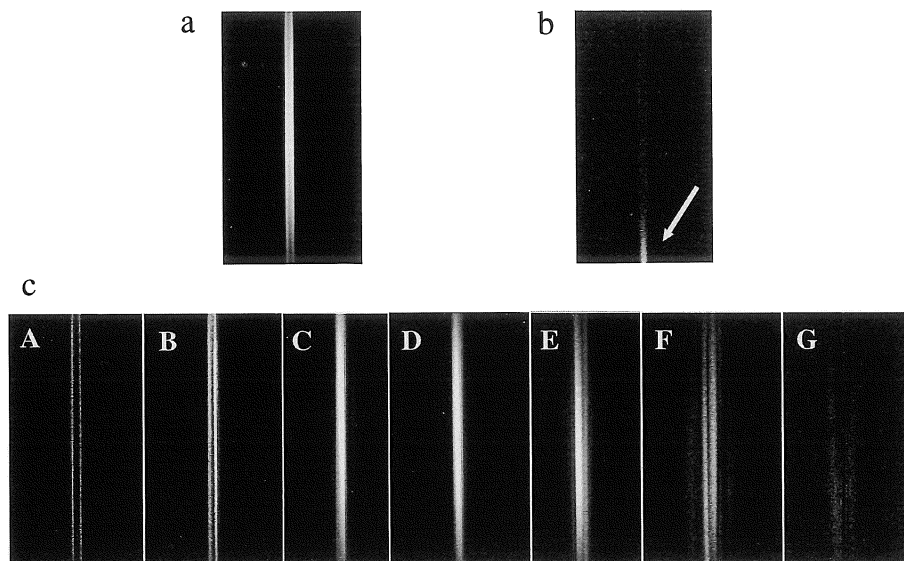


Fig. 2. Images obtained with continuous injection versus with bolus injection. Images a and b were obtained with continuous injection during data acquisition and with no contrast medium, respectively. High intensity of image b (arrow) was thought to be flow related enhancement. c. Images A-G were got with several timings of bolus injection corresponding to Fig. 1. Image D was adjusted the peak of TIC to midpoint of data acquisition (central k-space).

増加が見られた。

考 察

ファントム実験の結果より、造影剤注入のタイミングが画像を変化させる要因は、k-space上の造影剤の信号強度分布が変化するためと考えられる。k-spaceの中央部の信号は画像のコントラストを、周辺部は輪郭を形成することから、造影剤の信号が中央に存在するときコントラストが高く、多少輪郭のボケは感じられるが、持続注入時の画像に良く似ている。造影剤の信号が、撮像時間の中心からずれるに従い、k-spaceの中央部の信号が不足し、周辺部の信号が強調され輪郭およびノイズの強調された画像となる⁷⁾。これらは、コンピューターによるシミュレーションの結果とも一致している。

ま と め

血管を想定したファントムを用いた実験において、造影剤ピークの撮像時間の中心からのズレがコントラストを決定する信号を減少させ、画像信号の低下および画質の劣化を招いた。ボース注入での造影MRAでは、撮像シーケンスの信号収集方法を把握し、撮像開始と造影

剤注入のタイミングを正確に設定する必要がある。臨床では、造影剤の少量注入でのプレスキャンにより、目的血管のTICを把握し、正確に撮像開始と造影剤注入のタイミングを設定することが必須である⁵⁾。

文 献

- 1) 河村泰孝：MRI造影剤の特性。MEDICAL DIGEST 1996；45：8-14
- 2) 倉内万佐代，村田哲之祐，他：MRI造影剤。画像診断 1998；8
- 3) Prince MR：Gadolinium-enhanced MR aortography. Radiology 1994；191：155-164
- 4) Krinsky GA, Rofsky NM, DeCorato DR, et al. : Thoracic aorta : comparison of gadolinium-enhanced three-dimensional MR angiography with conventional MR imaging. Radiology 1997；202：183-193
- 5) Earis JP, Rofsky NM, DeCorato DR, et al. : Breath-hold single-dose gadolinium-enhanced three-dimensional MR aortography : usefulness of a timing examination and MR power injector. Radiology 1996；201：705-710
- 6) 江原義朗：ディジタル信号処理。東京電機大学出版局，1991；60-96
- 7) Mezrich R : Perspective on k space (tutorial). Radiology 1995；195：297-310

Evaluation of Three-dimensional Gadolinium-enhanced MR Angiography with Bolus Injection

Hidekazu FUJII¹, Hidekazu TSUBOTA¹, Hiroyuku YOSHIKAWA²,
Toru YAMAMOTO³

*¹Department of Radiology, Hokkaido University Hospital
N14 W5 Kita-ku, Sapporo*

²Department of Radiology, Hokkaido University School of Medicine

*³Department of Radiological Technology,
College of Medical Technology, Hokkaido University*

Gd-enhanced 3DMR angiography was performed with bolus injection of contrast agent. When the peak of the time intensity curve (TIC) was adjusted so as to coincide with the midpoint of data acquisition (central k-space), the image displayed high signal intensity and was very similar to the TIC obtained with continuous injection. In contrast, when the peak was adjusted so as to be in the periphery of k-space, images thus obtained had lower signal intensity and blurred margins. For optimal image quality, it is essential to set the timing of bolus injection so as to take place in central of k-space. This is easily accomplished by referring to a TIC acquired following injection of a small amount of contrast agent.