

症例から学ぶ体幹部・末梢動脈のMRA撮像法と画像診断 :MDCT時代におけるMRAの役割

東北大学病院 放射線診断科
大田 英揮 先生

【はじめに】

近年、体幹部、下肢血管の画像診断において、multidetector-row CT angiography (MDCTA) が第一選択として用いられることが多い。この理由として、MDCT装置が広く一般に普及していること、MDCTAが比較的簡便かつ高い診断能を有する検査であることなどが挙げられる。以前は血管造影が用いられていた上腹部手術の術前検査や末梢血管評価などの大多数に、現在ではMDCTAが使用されている。特に大動脈疾患においては、一度撮像すれば必要な情報のほぼすべてが得られるため、一つの店内で全ての買い物を終えられる大型ショッピングセンターにござらえて、MDCTAを“one-stop-shopping”と呼ぶこともある。また、比較的新しいMDCT装置では、心電図同期CTを併用することで、冠動脈疾患、大動脈解離、肺血栓塞栓症の“triple rule out”が可能となるため、救急領域においても有用である。

これに対し、体幹部、末梢血管に対するMR angiography (MRA)の検査件数は、MDCTほどには増加していない。この原因として、撮像時間が長いこと検査枠の確保が困難であるという施設側の問題に加え、MRAの有用性を臨床医に啓蒙し切れていないという問題もあると考えられる。MDCTと比較して、MRAは簡便ではないが、石灰化の影響を受けにくく、撮像法によってはMDCTAよりも高時間分解能、高コントラスト分解能を有した画像を得ることが可能である。また、被曝がない点、造影CTより造影剤腎症に対して低リスクである点、さらにガドリニウム造影剤の使用が困難な症例においては非造影MRAを活用できる点から、MDCTAよりも低侵襲的な検査である。MRAには様々な撮像法があり複雑であるが、適切な撮像法を選択し良質な画像を撮像できれば、症例によってはMDCTAよりも診断的意義の高い画像を得ることができる。また、MRAの撮像時間を短縮する技術も開発されつつある。本稿では、症例を提示しながら、体幹部、末梢動脈領域におけるMRAの有用性を紹介する。

【MRAの撮像シーケンス】

現在、一般臨床に広く用いられているMRAの撮像法の代表例をTable 1に示す。

MRAは大別して非造影MRA、造影MRAに分類されるが、技術の発展に伴い、それぞれ多くの撮像法が開発されてきている。古典的なtime of flightやphase contrastの他に、体幹部ではsteady-state free precession (SSFP)やTime-SLIP(東芝)に代表される、

Table 1 MRAの撮像法の代表例

非造影MRA
Gradient Echo
Time of flight (TOF)
Phase contrast (PC)
Steady-state free precession (SSFP)
IR pulse併用 3D SSFP
Fast Spin Echo
ECG-gated FSE MRA
造影MRA
Single phase contrast-enhanced MRA
Time-resolved MRA

SSFPに反転パルスを組み合わせた撮像法が用いられるようになっていく。末梢血管領域においても、FBI(東芝)に代表されるECG-gated FSEの手法を用いて広範な下肢の範囲が撮像可能である。造影MRAでは、single phaseの造影MRAの他、time-resolved MRAを用いて高時間分解能の多相撮像が広く用いられている。

＜反転パルス併用3D SSFP＞

Time-SLIP(東芝)に代表される非造影MRAの撮像法であり、腎動脈の評価に多く用いられている。腎動脈の撮像では、ターゲットとなる腎臓を含む領域にまず反転パルスをかける。その後、背景信号の回復と、信号抑制を受けていない上流側の血液流入のバランスを加味して、適切な待ち時間(BBT)後にSSFP法で撮像すると、血管内腔と背景との良好なコントラストを有する画像を取得することができる。また、血流速度の要素がある程度反映された画像となる。Fig.1は60歳代女性、Stanford A型大動脈解離に対する緊急上行大動脈置換術後の症例である。腎機能低下傾向があり、腎動脈狭窄の評価目的に検査が依頼された。大動脈解離後の症例であり所見が変化しうる時期であり、血管内治療の適応評価を目的として腎動脈の再評価が必要であったが、頻回の造影剤使用を回避できる非造影MRAを選択した。Time-SLIP法の画像では、左腎動脈近位部に偽腔からの圧排による狭窄が認められた。また、末梢側の描出も右側に比して左側が不良であり、左腎血流の低下が示唆された。これらの所見から、ステント留置による狭窄部の拡張を行った。

＜ECG-gated FSE MRA＞

FBI(東芝)に代表される非造影MRAの撮像法である。FBIでは、収縮期と拡張期における血流速度の違いにより、FSE

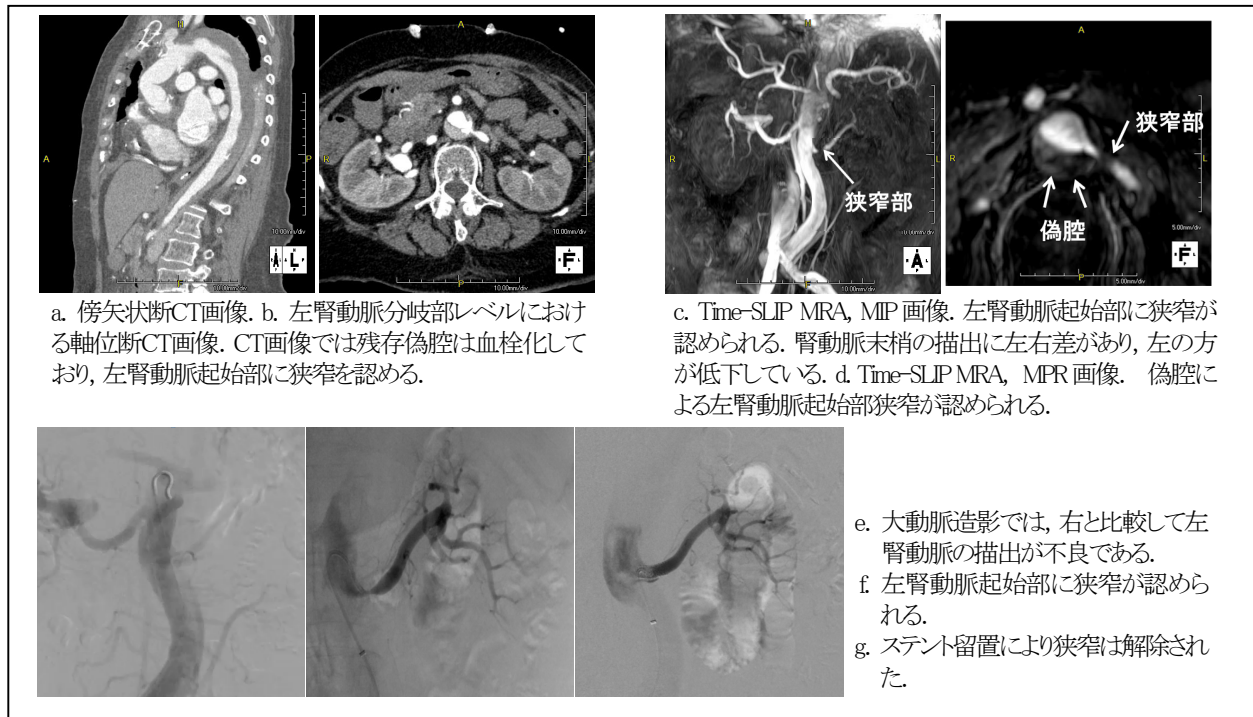


Fig.1 60歳代女性. Stanford A型大動脈解離に対する緊急上行大動脈置換術後 (a,b:CT画像 c,d:MR画像 e,f,g:DSA画像)

による撮像において動脈内血流の信号が変化することを利用する. 拡張期では動静脈が描出された画像, 収縮期では静脈のみ描出された画像が得られるので, これらの差分から動脈のみ描出された画像を取得する. 近接した動静脈を分離する必要があり, 比較的広範囲を対象領域とする下肢末梢動脈の撮像に適している. Fig.2は, 40歳代男性で, 重症下肢虚血, 左膝下切断後, 右足底部難治性潰瘍の症例である. 糖尿病性腎症により血液透析中であった. 下肢のMDCT angiographyでは, 末梢動脈に高度石灰化が認められており, 内腔の詳細な評価は困難であった. 下肢安静時疼痛があり, 姿勢維持の難しい症例であったが, 術前評価としてFBIを撮像した. FBIでは, 右前脛骨動脈, 右後脛骨動脈

の閉塞が認められており, 末梢側では側副路を介した再開通が認められていた. 数日後に行われた血管造影においても, 概ね同様の所見が得られた. 血管の石灰化が高度な, 維持透析中の症例に対して, 非造影MRAであるFBIが術前評価法として有用であった.

〈造影MRA〉

造影MRAの撮像法は, single phaseの造影MRAとmultiphaseのtime-resolved MRAに大きく分けられる. Single phaseの造影MRAは高い空間分解能と組織コントラストを有する画像を, 比較的短時間で行うことができる. 一方撮像開始タイミングを設定する必要があり, test scan法やbolus tracking法を用いて, 造影剤濃度のピークとk-space中心部の収集タイミングを合

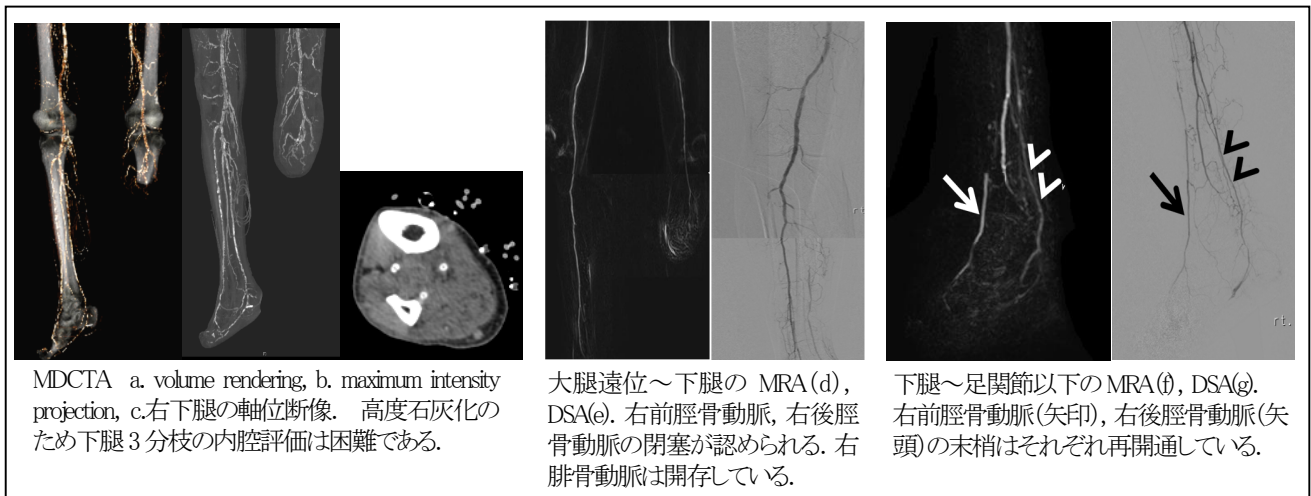


Fig.2 40歳代男性. 重症下肢虚血, 左膝下切断後, 右足底部難治性潰瘍の症例

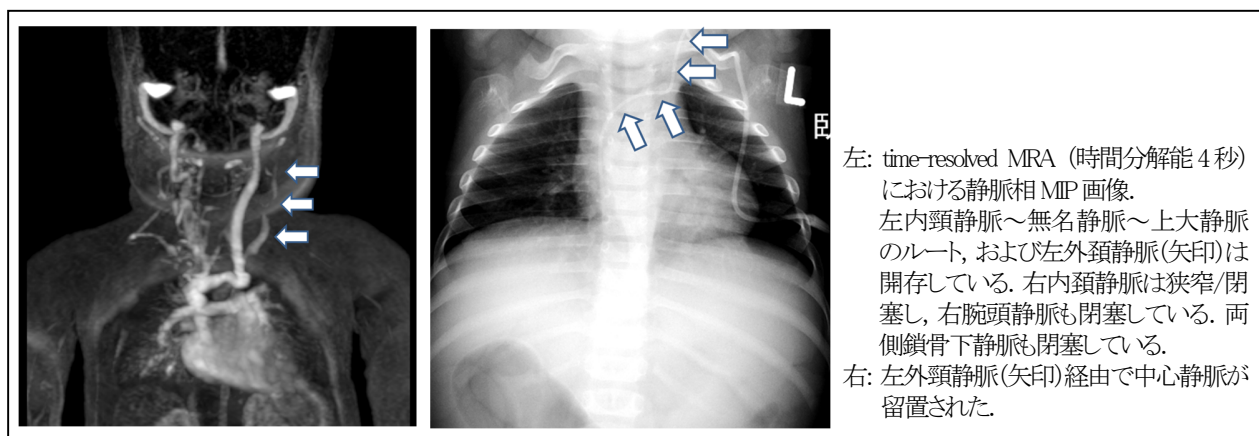


Fig.3 短腸症候群の幼児の症例

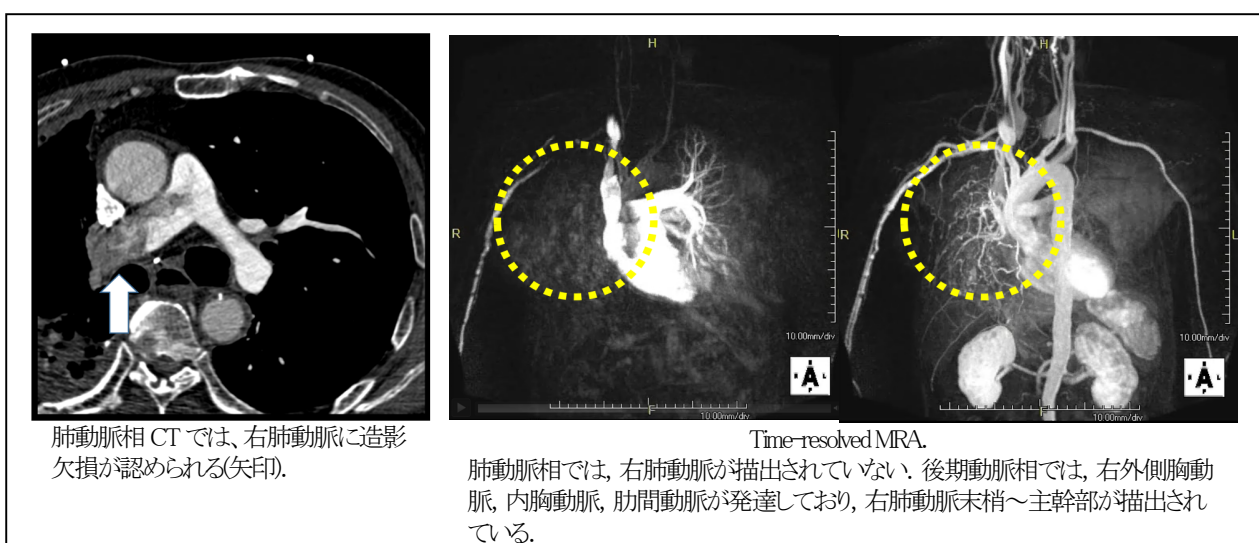


Fig.4 70 歳代男性. 労作時息切れの精査目的

わせることが重要である。Time-resolved MRAは、高時間分解能の画像を多相撮像することができるので、適切な撮像タイミングを逃すことが少なく、また、血行動態の評価も可能である。トレードオフとして空間分解能をある程度犠牲にする必要があるが、パラレルイメージングやk-space sharingなどの手法を用いることで、この点も改善可能である。特に至適撮像タイミングの事前設定が難しい小児の症例や、四肢末梢の血管描出などには有用な撮像法である。Fig.3は、短腸症候群で長期間の経静脈栄養管理を必要とする幼児の症例であり、中心静脈アクセスルートの評価目的に検査を依頼された。Time-resolved MRA(時間分解能4秒)の所見をもとにアクセスルートを決め、左外頸静脈経由でカテーテルを留置することができた。このような小児の症例では、time-resolved MRAを用いると比較的簡便に、目的とする血管を描出することが可能である。Fig.4は、労作時息切れの精査目的で紹介となった70歳代男性の症例である。肺動脈相CTでは、右

肺動脈の造影不良が認められていた。さらなる血行動態評価目的にtime-resolved MRAを施行したところ、広範なsystemic-to-pulmonary arterial fistulaが認められた。すなわち、全身動脈系から末梢の吻合を介して、右肺動脈に動脈血流が逆流していることが確認された。

【まとめ】

数例の症例提示とともに、代表的なMRA撮像法を紹介した。MRAには、非造影、造影を含め様々な撮像法があり、目的に応じて適切な撮像法を選択することが重要である。MDCTAと比較するとMRA検査は必ずしも簡便であるとはいえない。しかし、被曝が少なく容易に多相撮像が可能であること、石灰化の影響をほとんど受けないこと、腎機能低下症例においても非造影MRAの選択肢があることなど、様々な利点がある。本稿が、MRAの有用性を啓蒙する一助となれば幸いである。