

3テスラ装置を用いたMRアンギオグラフィ ～腎疾患診療における臨床応用～

田嶋 強 東京女子医科大学画像診断学・核医学講座准教授

MRI 黎明期から開発されてきた非造影 MRA は、最近の技術的な進歩による描出能向上や、包括医療制度の導入、ガドリニウム造影剤の副作用である腎性全身性線維症 (NSF) 回避などの観点から、特に腎疾患診療において、これまで以上に脚光を浴びている。当院では、腎臓病総合医療センターを中心に、わが国有数の腎疾患症例数に対して、腎移植、人工透析、腎泌尿器 IVR を行っており、腎泌尿器 IVR 症例では術前のプランニング目的で、非造影 MRA を積極的に施行している。本講演では、当院での腎疾患診療における非造影 MRA の経験をもとに、実際の臨床例を供覧し、腎疾患における有用性や MRA 読影時の注意点について述べる。

Time-SLIP 法併用非造影 MRA の原理と特徴

当院では現在、泌尿器関連の MRI 検査を年間 1200 件以上行っており、6 台ある MRI 装置のうち、東芝メディカルシステムズ社製の 3 台の装置で Time-SLIP 法併用非造影 MRA を施行している。

●Time-SLIP 法の概要

Time-SLIP 法 (time spatial labeling inversion pulse 法) とは、arterial spin labeling (ASL) の技術を MRA に応用した最先端の MR 信号抑制技術で、selective IR パルスを使い、見たい分枝血管だけの分離や、血流方向・血行動態を可視化できる。画像は、反転パルスや inflow 効果、背景信号で構成される。撮像においては、腎疾患で多用する True-SSFP や FSE などの信号収集シーケンスと併用できる。また、反転パルスと撮像領域の位置関係や動脈・静脈の inflow など、画質に影響する因子が多いため、従来の非造影 MRA よりもさまざまなことに留意しながら検査を行う必要がある。

Time-SLIP 法の原理はまず、selective IR パルスを任意の領域に設定すると、

その範囲に流入する血液を描出したり抑制することができる。そして、血行動態を反映する時間 (BBTI 値) を変化させることで背景信号を調整し、シャッタースピードの速い True-SSFP などのシーケンスで撮像を行うことで、見たい血管のみを分離して選択的に描出することができる。

●Time-SLIP 法併用非造影 MRA の長所と短所

長所としては、造影剤を使わないため NSF やアレルギーのリスクがない、再撮像可能、動脈・静脈の分離が可能といった点が挙げられる。一方で、短所としては、1 シーケンスあたり 5 分弱と検査時間が比較的長いことや、呼吸や心拍によるアーチファクトの影響を受けやすいこと、描出能がオペレータの技術と経験に依存することが挙げられる。

●3T 装置による腎の非造影 MRA

1.5T 装置と比較した場合の利点は、第一に高い SNR が得られることで、高い分解能や高速撮像が可能となる。T1 値の延長・T2 値の短縮も利点であり、背景腎の信号上昇が抑えられるため、高コントラスト画像を得ることができる。また、BBTI 値を延ばすことができるため、腎動脈の末梢まで描出が可能である。

一方、欠点としては、SAR が増加するため、一部のシーケンスでは撮像時間に制限がかかることや、背景構造物の描出が増加することが挙げられるが、われわれの経験からすると問題にならないレベルと考える。

臨床例への応用

腹部分枝血管の非造影 MRA と言えば、従来は腎機能低下例や造影剤使用困難例、あるいは主幹動脈のスクリーニングなどに用いられる位置づけであった。しかし、Time-SLIP 法併用 SSFP により十分

に有用な画像を得られることから、当院では非造影 MRA をルーチンで腎動脈精査に使用しており、腎に関しては造影 MRA を行うことはない。

●腹部大動脈および分枝血管の描出

当院では、腹部大動脈の動脈硬化症や動脈瘤、腎動脈の狭窄症や動脈瘤、動静脈奇形、動静脈瘻 (AVF)、また、副腎動脈の腫瘍栄養動脈などに対して非造影 MRA を行っている。

症例 1 は、副腎褐色細胞腫の評価目的で非造影 MRA を行った症例である (図 1)。右副腎部のダイナミックスタディの早期相、動脈相を撮像したところ、栄養血管の描出は不良であった。そこで、Time-SLIP 法併用 SSFP で撮像したところ、腹腔動脈の基始部から分岐する上副腎動脈が腫瘍内に流入していることがわかった。多血性腫瘍における栄養動脈の評価に有用である可能性がある。

●移植腎動脈狭窄の描出

腎移植後の合併症には、拒絶反応、カリニ肺炎や CMV 肺炎といった感染症、水腎症や VUR などの泌尿器科的合併症があるが、移植腎動脈狭窄や AVF などの血管系合併症も時に経験され、これらは IVR の対象になる。文献によると、移植腎動脈狭窄の発生頻度は 1～23% で、原因は動脈硬化や解剖学的要因、手技的要因と報告されている。発生部位は、レシピエント側の腸骨動脈、吻合



図1 症例1: 副腎褐色細胞腫 (40歳代、女性)

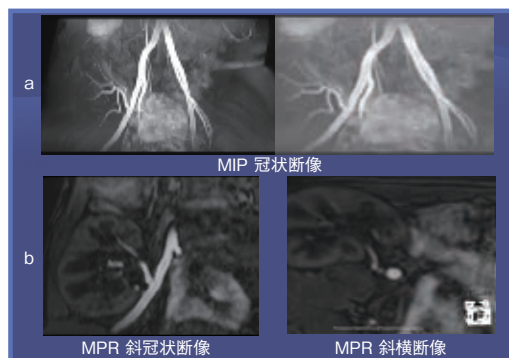


図2 症例2：移植腎動脈の正常MRA像
(Time-SLIP法併用SSFP, 30歳代, 女性,
生体腎移植後5年)

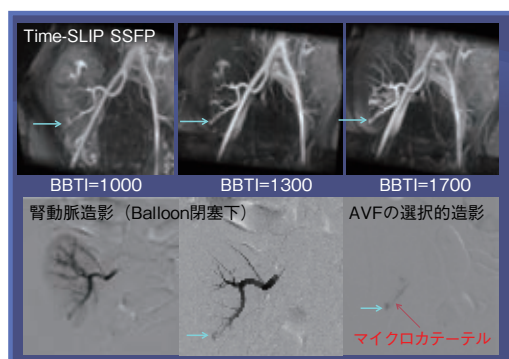


図4 症例4：移植腎動静脈瘻, BBTIによる描出
の違い (3T, 30歳代, 女性)

部, 移植腎動脈側で, これらの部位の
精査が必要となる。

症例2は, 腎移植後5年の症例で,
MIP像では右外腸骨動脈と吻合された
移植腎動脈が明瞭に描出され, 特に狭
窄がないことが確認できる (図2 a)。3D
で撮像してるため, 腎動脈の分岐角度
に合わせたスライスで再構成し直し,
斜冠状断や斜横断像で見ること
で, 吻合部の状況をより詳しく観察できる
(図2 b)。

症例3は, 腎移植後4か月目に高血
圧が出現し, PTR Aを行った症例で,
非造影MRAでフォローアップを行って
いる (図3)。PTR A前のダイナミック造
影MRAと比べ, PTR A後のTime-SLIP
法併用SSFPの方が末梢まで明瞭
に描出されていることがわかる。

●IVR術前・術後評価への応用

当院では, 非造影MRAを腎動脈狭
窄症のPTAに多く使うが, ほかにも腎
動脈瘤やADPKD (常染色体優性遺伝
性嚢胞腎), 移植腎AVFのTAE,
移植腎動脈狭窄症のPTAにも応用して
いる。

ADPKDは著明な動脈硬化を合併し
ているケースも多いが, ほとんどが透析
症例である。そのため, 術前に造影検査
を行うことは少ないが, 非造影MRAに
より, 血管の走行だけでなく狭窄の程度
までわかり, IVRの適応判断や治療計
画にも参考になる。また, 嚢状動脈瘤で
は, TAEの治療計画を行う上で瘤内の
乱流を評価することが非常に有用との報
告もあり, 術前にTime-SLIP法併用
SSFPで確認することもできる。

症例4は, 移植腎の生検後に血尿が出
現し, ドップラーエコーで移植腎内に
AVFが疑われた症例である (図4)。造影
CTでは移植腎下極に複数の拡張した血
管が見られ, 多発AVFの可能性も疑わ
れた。IVRを行う上で病変の局在を明確
にするため, 非造影MRAを行った。
Time-SLIP法併用SSFPでBBTI値を変
えながら撮像すると, BBTI = 1000で下
極に異常血管が明瞭に描出された。
BBTIを上げるとほかにも異常血管が見
えてくるが, AVFは移植腎の下極に1か
所だけ存在すると判断し, 血管造影でも
証明された。

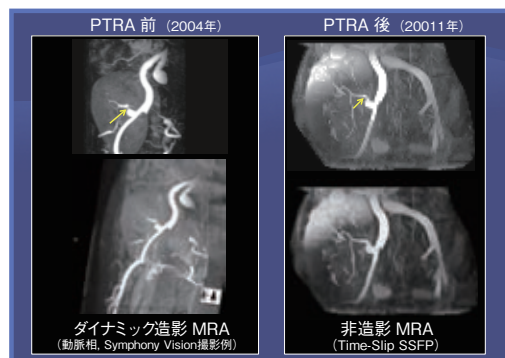


図3 症例3：移植腎動脈吻合部狭窄に対する
PTR A (60歳代, 女性, 生体腎移植後4か月)

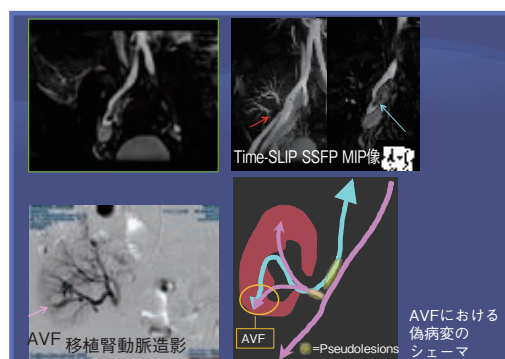


図5 動静脈瘻に伴う移植腎動脈の偽狭窄
(3T, 40歳代, 男性)

●腎非造影MRAのピットフォール

腎の非造影MRAにお
ける読影時, あるいは撮
影時のピットフォールを
2つ挙げる。1つは, 静脈
側乱流による偽病変で,
腎静脈と下大静脈の合流
部に腎動脈の偽狭窄を,
移植腎静脈と腸骨静脈の
合流部に移植腎動脈や腸
骨静脈の偽狭窄を示すよ
うな画像を呈することが
ある。これに対しては, 他
のBBTI値で撮像したり,
FSEなど別のシーケンス
を参照することで除外す
ることができる。

もう1つは, AVFにお
ける葉間動脈の描出制限
であるが, 3T装置で撮像
することで, 流速の速い
動脈枝の描出が良好とな
る可能性がある。

図5は, 腎移植後2週
間目の症例で, Time-SLIP法併用
SSFPでは移植腎動脈の吻合部に血栓
症による閉塞と, 吻合部より上流の腸
骨静脈に血栓症が疑われた。いずれも,
血管造影とドップラーエコーで否定され,
合流部の乱流による偽病変と判定した。
特に本症例では, 移植腎下極にAVFが
あり, 乱流が増加した可能性がある。偽
病変には部位的な特性があるため, 偽病
変を疑った場合には, ほかのBBTI値で
撮像するなどの工夫が必要である。

まとめ

Time-SLIP法を中心とした非造影
MRA技術は, 将来の腎疾患診療におい
て, より重要な役割を担っていくものと
期待している。



田嶋 強
Tajima Tsuyoshi

1990年九州大学医学部
医学科卒業。同医学部附
属病院放射線科, 国立病
院機構九州がんセンター
放射線科, 九州大学病
院放射線科講師を経て,
2010年より現職。