

3. Time-SLIP法の臨床応用の拡大に向けた現状と展望

宮崎美津恵 Toshiba Medical Research Institute USA

Time-Spatial Labeling Inversion Pulse (以下、Time-SLIP)法は、spin labeling法の一つで、非造影MRアンギオグラフィ(以下、MRA)やMR venography(以下、MRV)の描出だけでなく、体内を動く脳脊髄液(cerebrospinal fluid: CSF)や膵液(pancreatic juice)の動きを把握することができるため、臨床適応の幅を広げている。また、国内の包括医療制度(DPC)の導入や、2007年に米国食品医薬品局(FDA)からガドリニウム含有造影剤による腎性全身性線維症(NSF)/腎性線維化性皮膚症(NFD)との関連性について注意勧告が出されたこと、さらに最近のガドリニウム含有造影剤の脳内沈着問題などで非造影技術に寄せられる関心が高まっている。

本稿ではTime-SLIP法の応用例を基に、臨床応用への広がりや展望について概説する。

検討の経緯と分類

arterial spin labeling (ASL)法を用いた研究は、1980年代後半より2D field echo(以下、FE)、またはsegmented FEシーケンスを使った頭頸部血管が主流で、現在も造影・非造影パーフェュージョン(還流)として研究が進んでいる。しかしながら、体幹部領域においては、目的血管や体液を自由な方向にラベリング制御できる呼吸同期・心電同期併用の(Time-SLIP)パルス付き2D/3D FASE法やbSSFP法が重宝されるようになった^{1)~5)}。

Time-SLIP法には、①flow-in法(選択的IRパルスのみ)、②flow-out法(非選択IRパルスと選択的IRパルス)、③alternate tag-on/off差分法の3つの方法がある。それぞれの特徴は、flow-in法では、空間的選択IR(以下、tag)パルスで励起された領域がIRパルスで反転しnullポイントの時に外部から流れこむ血液を高信号に描出するのに対し、flow-out法では空間的に非選択なIRパルスと空間的に選択されたtagパルスを組み合わせることで、非選択IRパルスを受けた背景信号がnullポイントに到達する際にtagパルスで励起した領域の血液が高信号に描出される。それらの応用で、選択的な動態観察や動静脈分離も可能となる。また、alternate tag-on/off差分法では、背景信号は差分でキャンセルされるため、tagパルスから実効TEまでのTIを変化させることで、非造影パーフェュージョン画像を得ることもできる。

3つの方法について

図1に、Time-SLIP法の3つのシーケンスチャートとスピンの挙動の概略を示す。

1. flow-in法

図1aに示すように、tagパルスにて、あるROIのスピンを $-M_z$ 方向に励起しTIまで待つ、つまりROIの信号を低信号(nullポイント)まで待つことで、ROI外からROI部分に流れ込むスピン成分を高信号に描出する方法である。収集はパラレルイメージング併用などで高速

撮像可能なFASE法のhalf-Fourier FSEやbSSFP法を用途に応じて使い分ける。一般に使われる領域として、3D腎動脈⁶⁾や門脈³⁾などがある。特長はtag領域内のTI内に入るスピンを描出できるため、血管形態の把握に優れている。また、tag領域のnullポイントまでのTIと流れ込む血液の流速が一致していることが条件である。TIが短すぎても長すぎても流れ込む血液とそのtag領域のnullポイントが一致しないと良好なコントラストを得られないため、血液や体液の流速とtagの位置などを考慮する必要がある。図2にFresh Blood Imaging(以下、FBI法)と門脈のみを描出したTime-SLIP flow-in法の一例を示す。

2. flow-out法

図1bに示すように、非選択IRパルスでコイル領域全体を $-M_z$ 方向に反転させ、続いてtagパルスで、そのtag領域のスピンのみが $+M_z$ 方向に戻される。したがって、tagパルスを印加した領域の血液は、“bright blood”に描出される。背景信号はTIでスピン信号がnullポイントに達し、低信号に描出される。その後のデータ収集方法はflow-in法と同じである。flow-out法の特長は、tagが印加された一瞬の領域の血液や体液が高信号に描出されるため、そのtag領域からの機能イメージングとして使用される。例えば、CSFの動きの観察では、tagを受けたCSFが高信号で流れる様子を描出するために、1.5Tの場合TIを1500~5000msに設定することで、CSF信号と