

8. 非造影MRA/ASL

— ASLによる脳血流評価：精度と限界

木村 浩彦 福井大学医学部病態解析医学講座放射線医学領域

arterial spin labeling (ASL) は、MRIにて脳血流を直接計測可能な方法として臨床にも導入され、日常臨床にも利用されている。脳血管内の血液の磁化状態を内因性のトレーサーとして利用し、MRI本来の特性を生かした非侵襲的手法である。臨床の現場で、すぐにperfusionの評価ができ、繰り返し撮像可能な点など、造影剤を利用しなくてもすむことの利便性はきわめて大きい。3T MRI装置の普及と技術的發展により、SNRや安定性の改善がなされてきたが^{1), 2)}、ASLシーケンスは装置メーカーにより、ラベル法、画像法、定量化法の点でずいぶん異なっている。最近MRM誌から出されたレビューでは、現在のASLの技術から臨床応用の際の推奨の条件として、①pulsed continuous ASL、またはpseudo continuous ASL (pCASL)、②background suppression (BS)、③3D画像収集、④no vascular crusher (VS)、⑤perfusion weighted image and cerebral blood flow (CBF) mapping、などが基本的に推奨されている³⁾。さらに、本手法の当初からの課題である到達時間 (transit time : TT) の問題は、現在も残っている。

本稿では、脳血流評価のためのASLの

基本的信号モデルの説明とその評価の際のピットフォールについて、実際の症例を挙げながら問題点を明らかとし、定量的脳血流画像としての限界と将来の発展についても述べる (MR画像はすべてGE社製「Discovery MR750 3.0T」で撮像)。

CASLの基本的概念

ASLは、頸部の血管にRF照射を行い、血液のスピンを反転させ、この磁化状態を造影剤の代わりのトレーサーとして利用する。脳実質は、反転したスピンを受けるとその血流の多寡により信号変化が生じる。これを正確に測定するために、スピンを変化させない状態で画像を撮像して、コントロールスキャンとし、ラベリングした画像との間で差分をとり、灌流強調画像 (perfusion weighted image : PWI) として利用する。図1がCASLの基本的な原理である。

最新の3T MRI装置で32チャンネルの表面コイルシステムを利用すると、約

3分の収集時間で灌流強調画像を得ることができる。図2はこの手法による灌流強調画像で、全脳をカバーしている。

ASL信号の定量化の方法

ASL法では、比較的簡単なモデルを用い血流の定量化が可能である。血流を受ける脳組織を1つのコンパートメント (single compartment) として考え、ASLによる信号変化は、流入する動脈側のスピン、流出する静脈側へのスピン、T1緩和の3つで説明できる (図3)。このASL信号を簡単な微分方程式で表し、解析的に解くことが可能である⁴⁾。

図3aのように、スピンの血管内にとどまっているとの条件を前提とするなら、次の2式となる。

$$\frac{\Delta M(t)}{M_0} = \frac{2\alpha f T_{1a}}{\lambda} \left[\exp\left(-\frac{\delta_a}{T_{1a}}\right) - \exp\left(-\frac{t}{T_{1a}}\right) \right] \quad (\delta_a < t < \tau + \delta_a) \dots\dots\dots (1)$$

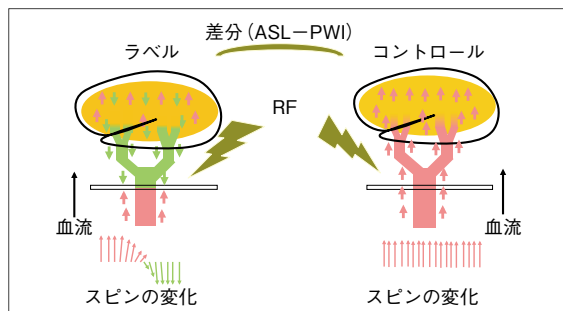


図1 CASLの原理

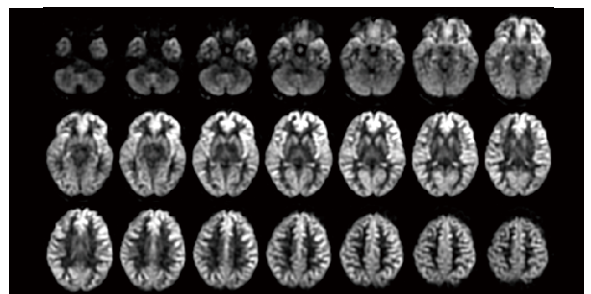


図2 健常者の全脳灌流強調画像

最新の3T MRI装置で32チャンネルの表面コイルシステムを利用すると、約3分の収集時間で得られる。収集パラメータは、ラベル時間=3.0秒、ラベル後待ち時間 (post label delay:PLD)=0.7秒、8spiral arm, 512points/arm, TR/TE/NEX=6202/22/2。