

# 1. MRIによる機能イメージング

## 5) ASLの子宮への臨床応用

小坂 信之 / 木村 浩彦 福井大学医学部放射線医学

Arterial spin labeling (以下, ASL)-MRIとは、血液中の水をラジオ波 (以下, RF波) で磁気的にラベルし、その組織内分布を画像化することにより、血流情報を得る手法である。このような磁気的にラベルされた水は、古くから血流情報を得るために用いられていたラジオアイソトープや造影剤などの外因性トレーサーに対して、内因性トレーサーと呼ばれる。この画期的な手法は1992年にDetreらにより初めて報告され<sup>1)</sup>、ここ数年の間に中枢神経系において日常診療に広く用いられ、数多くの臨床的有用性が報告されている。子宮のASLの報告も意外と古く、1998年にGowlandとFrancisらがヒトの胎盤血流を定量的に評価したことが最初とされる<sup>2), 3)</sup>。しかしながら、中枢神経系よりもさらに低い信号雑音比 (以下, SNR)、体動による画像劣化などから、その後は数件の研究が報告されるのみであった。近年、MRIの高磁場化が進み、中枢神経系以外の臓器でも十分なSNRを得ることができるようになり、初期検討の段階ではあるが、ヒトの子宮を対象としたASL-MRIの報告が増えてきている。2016年、2017年のISMRMにおいても、胎盤に関連したASL-MRIの演題が筆者も含め2題ずつ報告されている。しかしながら、まだ「ASLの臨床的有用性」について語れる段階には達していないのが正直な実感である。したがって、本稿では、ASL-MRIの基本的な知識を整理し、子宮ASL-MRIの現状を紹介し、問題点や今後の展望を述べたいと思う。

### ASL-MRIの技術的要素

ASL-MRIでは、ラベルした画像とラベルしていない画像のペアを収集し、その差分によりラベルされた水 (血液) の分布を画像化し、血流情報を得ている。この技術的要素を考えた場合、①ラベリング法、②ラベルから撮像までの待ち時間、③画像収集の3つの要素に分けることができる。

#### 1. ラベリング法

現在用いられているASL-MRIのラベリング法は大きく分けて、pulsed arterial spin labeling (以下, PASL) 法とpseudo- (pulsed-) continuous arterial spin labeling (以下, pCASL) 法の2つがある。簡単に歴史的な流れをまとめると、前述のDetreらの初期の報告は、continuous arterial spin labeling (以下, CASL) と呼ばれ、ラベル面で連続的にRF波を照射することにより、磁気的なラベルを行う方法であった。しかし、長い連続的なRF波の照射は、局所組織の高い比吸収率 (以下, SAR)、RF波照射によるmagnetization transfer (以下, MT) 効果による信号変化の混在が問題となり、十分なラベリングを行うことが難しかった。それらを解消する方法として、連続的な単発のRF波を断続的な短い複数のRF波の組み合わせに置き換える方法が開発され、これによりSARの上昇やMT効果を抑えることができた。この方法は、continuous ASL

との対比として、pseudo-continuous (偽連続的) ASLと呼ばれる。同様の手法をGE社では、pulsed-continuous ASLと呼んで製品化している。

一方、持続性のパルスを特定の断面に長時間加えるのではなく、単一の短いRF波を広い領域に照射することでラベル効果を得るのがPASL法である。さらに、PASL法は、画像収集スラブ内を反転させるflow-sensitive alternating inversion recovery (以下, FAIR) 法と、スラブ外を反転するsignal targeting with alternating radiofrequency pulse (STAR) 法に分けられる。この手法では、CASL法の大きなSARやMT効果を比較的単純に避けることができるが、pCASL法と比べ、理論的にはSNRは劣る。しかしながら、PASL法では、ラベル面設定の自由度が高いことや、局所でラベルを行うことで後述の到達時間の問題が相対的に小さいという利点もある。

#### 2. ラベルから撮像までの待ち時間

ラベルから撮像までの待ち時間が、ASL-MRIにおける重要なパラメータであることは、ご存知の方も多いと思う。PASL法ではinversion time (以下, TI)、pCASL法ではpost labeling delay (以下, PLD) と呼ばれるが、適切なタイミングで撮像しないと、血流量を過小評価してしまいかねない。つまり、早すぎるタイミングで撮像した場合には、ラベルされた血液が組織に到達する前に撮像を行うことになる。また、RF波に