

2. dynamic susceptibility contrast (DSC) と ASL の使い方, 使い分け

— 脳疾患における血流動態評価

藤間 憲幸 北海道大学医学部放射線科
工藤 興亮 岩手医科大学先端医療研究センター

血液灌流は脳実質の機能的な情報を含む重要な評価項目の1つであり、多岐にわたる脳疾患でその有用性が示されている。MRIを用いた灌流画像は、造影剤を用いて施行するdynamic susceptibility contrast (DSC)法と、血液を内因性のトレーサーとして使用するarterial spin labeling (ASL)法の2つに大別される。従来、灌流画像の取得は、DSC法がその大部分を占めていたが、3T MRIの普及とともにASL法の使用頻度が大きく増加している。

DSC法とASL法にはそれぞれの長所と短所があり、例えばDSC法はガドリニウム(Gd)造影剤を用いるため侵襲的であるが、ASLは完全に非侵襲的であり、繰り返し撮像することも可能である。しかし、DSC法と比べてASL法は原理的にSNRが非常に低く、特に遅延血流の評価は困難な場合が多い。実臨床では、DSC法、ASL法それぞれの原理や特性を理解して、疾患ごとに使い分けの必要がある。

本稿では、DSC法とASL法それぞれの原理的な解説、画像取得における工夫や脳疾患における使い分けについて概説する。

Dynamic susceptibility contrast (DSC)

DSC法は、外因性のトレーサーとしてGd造影剤を使う方法で、造影剤の急速静注後に頭蓋内の連続的な撮像を行う。高濃度の造影剤が脳実質に到達すると磁化率効果による T_2^* 短縮を来し、灌流量に依存した脳実質の信号低下が生じる。信号低下の経時変化を詳細にとらえるため、高い時間分解能かつ磁化率効果に鋭敏な撮像法としてEPI法が用いられる。gradient echo (GE)タイプのEPI法(GE-EPI)を使用することが多いが、DSC法では T_2^* だけでなく T_2 短縮も存在するので、spin echo (SE)タイプのEPI法(SE-EPI)も可能である。磁化率変動に対する感度はGE-EPIの方が高い(信号低下率は、GE-EPIが40%前後、SE-EPIでは15%前後)。しかし、GE-EPIではその磁化率効果への鋭敏性から、毛細血管だけでなく比較的大きな血管に対しても影響を受ける。逆に、SE-EPIは大きな血管の影響を受けず、毛細灌流のみを反映する。

連続的なEPIの撮像により取得した時間-信号曲線を、造影剤の濃度モデルに従って時間-濃度曲線に変換し、この曲線を用いて灌流パラメータを算出する。算出法としては、主にfirst moment法やdeconvolution法がある。first moment法は手法として簡易だが、造影剤のポーラス性に左右される。deconvolution法はその影響を受けにくく、特に

block-circulant SVD法では、造影剤到達遅延による算出誤差の影響がほとんど見られず、より正確な灌流パラメータの評価が可能である。ただし、deconvolution法は動脈入力関数の設定が必要であり、解析も煩雑である。国内では、ASIST-Japanが2006年よりDSC解析ソフトウェアである「PMA (Perfusion Mismatch Analyzer)」を公開しており(<http://asist.umin.jp/>)、block-circulant SVD法を含めたDSC解析を、簡便かつ迅速に施行することができる。また、同ソフトは後述する T_{max} を同時に算出することも可能である。

DSC法で算出される灌流パラメータは、主に脳血流量(cerebral blood flow: CBF)、脳血容量(cerebral blood volume: CBV)、平均到達時間(mean transit time: MTT)の3つがある。これ以外にも灌流パラメータの1つとして、 T_{max} が注目されている。これはdeconvolution法で算出される残余関数 $R(t)$ がピークになるタイミングを示すもので、造影剤の到達遅延とMTTの両者の情報を含んでおり、急性期虚血におけるdiffusion perfusion mismatchの定義に用いられることが多い¹⁾。

DSC解析では、造影剤は脳血液閥門により血管外に漏出しないという前提がある。しかし、high grade gliomaなどの悪性の腫瘍性病変で脳血液閥門の破たんがある場合、造影剤の血管外漏出による T_1 短縮効果により解析エラーが生じる。そのような場合、数mLの造影剤の前投与を行うことで、造影剤漏出