

4. CEST イメージング

岡田 知久 京都大学大学院医学研究科放射線医学講座 (画像診断学・核医学)

CESTとはchemical exchange saturation transferの略である。これは、主として特定の化学物質中のMR信号の飽和された水素原子核(以下、プロトン)が、バルク水(以下、自由水)のプロトンと交換されることで信号変化として観察される。これにより、数 μmol 以下の物質に与えた飽和効果を約100molの自由水へと移行させて、はるかに大きな信号変化(飽和なので信号の低下)として観察できるという大きな利点がある。今後活用が進む技術として、大いに期待されている。

CEST イメージングの原理と課題

CEST現象自体は古くから知られており^{1), 2)}、早くから画像化の動きは存在した³⁾。現在、臨床応用が最も進んでいる、アミド基(-NH)との交換を画像化するamide proton transfer(以下、APT)画像は、2003年にはすでに報告されている⁴⁾。ほかには、関節や椎間板のグルコサミノグリカンを見るgagCEST⁵⁾などが代表的である。自由水を基準の0ppmとすると、アミド基のケミカルシフトは約+3.5ppmとなる。その効果は、同一量だけ負の周波数側へシフトした部位(すなわち-3.5ppm)をRF照射したときの信号低下と比較した左右差(asymmetry)として計測される(図1)。さまざまな生体内分子を対象とした計測が可能であり、造影剤を必要としないという大きな長所もあることから、最近では診療でも腫瘍の悪性度診断をはじめとして、

広く使用され始めている。

しかし、CESTではさまざまな問題点も考えられる。その最大のものは、物質特異性である。MRSでは、代謝物を定量的に計測可能である。そのためには、ピークの半値幅が0.1ppm以内であることが望ましいとされており⁶⁾、測定に際しての推奨条件は厳しく規定されている。しかし、実際のCEST撮像では、最適な条件でも0.4ppm程度の周波数選択性しかないCESTパルスを使用している⁷⁾。さらに、撮像領域内での静磁場不均一に対応するために、CESTパルスの中心周波数を変化させながら、 $\pm 5 \sim 6\text{ppm}$ と対象物質のケミカルシフトよりも広い範囲を計測することが多い。信号変化はローレンツ曲線や高次の多次元式でfittingされるため、狭いレンジでの信号変化は必ずしもうまくとらえられていない恐れがある点には注意が必要である。さらに、CESTパルスの周波数選択性は必ずしも高くはないため、かえって検出は可能となるが、特異性は低下する

ものと考えられる。

代表的なCEST：APT撮像の実際

APTとは、腫瘍などで増加するアミノ酸などが有するアミド基を観察する撮像法である。診療で多く使用されているAPTでは、計測の安定性が良好であることが示されている。梅尾らは、脳腫瘍患者を対象に、1週間程度の間隔を置いて2回撮像、さらに2回目では1回目と同じ撮像($\pm 6\text{ppm}$, 25周波数offsets, 撮像時間2分20秒)に加えて、短縮版の撮像($\pm 3.5\text{ppm}$, 6周波数offsets, 撮像時間35秒)を実施、計測値の一致度(ICC)は、1回目と2回目の間で0.95、2回目内では0.98と再現性の高さを明らかにしている⁸⁾。

上記計測は代表的スライスの計測結果であるが、少なくともAPTによる神経腫瘍の悪性度診断では、代表的1スライスでも十分と考えられる。われわれは3D撮

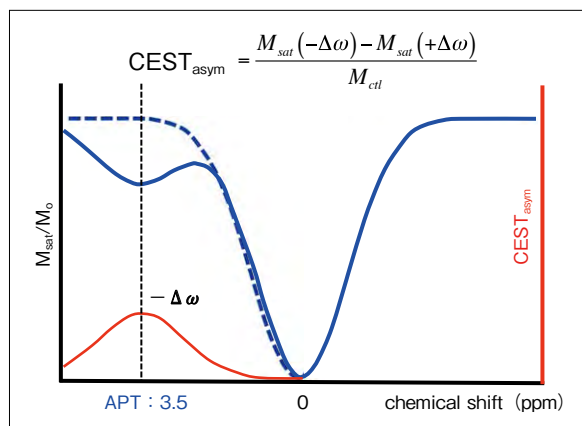


図1 CEST_{asymp} 値の計測方法
この図はケミカルシフトが+3.5ppmのAPTにおけるAPT_{asymp} 値の計測法を示したものである。対側の-3.5ppmとの差分を対照値で割値を正規化して、パーセント差として示す。