

8. Segmented EPIの原理と技術的特徴

押尾 晃一 慶應義塾大学医学部放射線診断科

segmented EPIは、画像のk-space dataをいくつかのセグメントに分割して取得する画像法である。これに対して、「普通の」EPI、すなわちsingle-shot EPIでは、1画像分のデータを1回で取得する。一見些細な分類に見えるが、この2つには大きな違いがあり、また、segmented EPIの中にも使い方の異なるいくつかの種類がある。この中で最も一般的なものはmulti-shot EPIと呼ばれる、位相エンコード方向にデータを分割するものであるが、本稿では、このほかパラレルイメージングまで含めた広義のsegmented EPIについて概説する。

Single-shot EPIの特質

segmented EPIを理解するためには、まず、single-shot EPIの利点および欠点を理解する必要がある。single-shot EPIは、励起パルスの後、1画像分のデータを一度に取得する方法である(図1)。データ取得前に180°パルスを含んでスピネコー EPIとする場合もあるが、データ取得中はスピンのrefocusingは行われないので、この間、位相誤差が蓄積する。ピクセルごとに見れば、この位相は、raw data上では位相エンコード方向に直線的に変化するので、フーリエ変換後の再構成画像では位相方向へのシフトとなって現れる。シフト量は「k-space内で位相が何回転するか」で決まる。例えば、脂肪であれば、磁場強度1.5T、読み出しパルスの間隔を1msとすれば、脂肪の位相は大体4msで1回転するので、FOVの1/4だけ水とずれることになる。周波数の変化する理由は、ケミカルシフトだけではなく、生体の画像では水と空気の磁化率の差によるものが重要である。磁化率による周波数変化は場所によって連続的に変化するため、場所によってピクセルのシフト量が異なる、つまり画像の歪みとなって現れる。この周波数変化の幅は、水/脂肪の差と同程度のため、画像歪みとしては相当大きなものとなる。これがsingle-shot EPIの最大の欠点である。これと原因は似ているが、ピクセル内に

周波数の異なる部分があれば、信号が時間とともに減衰する。T2*減衰と呼ばれるものであるが、single-shot EPIではサンプリング時間が長いので、この減衰が信号に大きく影響する。データ上では位相エンコード方向に信号が減衰するため、エンコード数を増やしても位相エンコード方向の分解能が上がらないことになり、分解能を上げることが難しい。

single-shot EPIの利点はもちろん、single-shotで画像が取得できることであり、拡散画像法などsingle-shot EPIがほぼ必須となる分野もあるが、その他の応用分野では画像歪みを軽減するためにsegmented EPIが用いられる¹⁾。

Multi-shot EPI

segmented EPIのうち、最も一般的なものが位相エンコード方向にデータを分割する、通常multi-shot EPIと呼ばれるものである。multi-shot EPIでは、1回ごとの励起 (shot) でk-space全体を粗くスキャンし、続く励起でデータの間を埋めていく(図2)。ピクセルのシフト量、あるいは空間歪みの量は位相方向全体の位相変化量に比例するので、分割数分だけ歪みが減ることになる。ただし、同じタイミングで繰り返すとそれぞれのreadout pulseの位置での位相誤差は励起ごとに変化しないので、データを並べた時にk-space上で位相誤差が段階的に変化することになる。これを避けるため、励起ごとにデータ取得のタイミ