

8. プロトン密度脂肪分画 (PDFF) 測定 の原理と脂肪肝への利用

林 達也 帝京大学医療技術学部診療放射線学科

非アルコール性脂肪性肝疾患 (NAFLD) は、世界的に慢性肝疾患の一般的な原因となっている。このNAFLDは、非アルコール性脂肪肝 (NAFL) と非アルコール性脂肪肝炎 (NASH) に分類することができる。特に、NASHは肝硬変および肝細胞がんに行進する大きなリスクを伴う。NAFLDでは、肝脂肪沈着の程度とその時間的変化が疾患の進行や予後と関連する。線維化が進んでいないNAFLDでは、脂肪の沈着が多いと線維化進行の確率が高くなる¹⁾。一方で、線維化が進行した患者や肝硬変の患者では、脂肪の沈着が少なく肝関連事象の進行や死亡のリスクが高くなる可能性がある²⁾。したがって、肝脂肪量の変化の臨床的重要性は、NAFLDの病態、特に線維化の程度に応じて評価する必要がある。

肝生検は、肝疾患の脂肪を含む組織学的特徴を評価するためのreference standardであるが、侵襲的な手法である³⁾。また、肝生検では肝臓のごく一部のみをサンプリングするが、肝臓の変化は全体に均一に起こるとは限らず、サンプリングエラーの可能性もある⁴⁾。さらに、生検の診断結果は、観察者間・観察者内でも一致しない可能性がある⁵⁾。ケミカルシフトエンコードMRI (chemical shift-encoded MRI : CSE-MRI) を用いて得られるプロトン密度脂肪分画 (proton density fat fraction : PDFF) は観察者間の再現性が高く、正確な肝脂肪の定量的評価が可能な画像バイオマーカーである。本稿では、CSE-MRIによる脂肪定量の概要とその利用について、最も利用が盛んな肝臓領域について解説を行う。

CSE-MRI

CSE-MRIとは、撮像対象のプロトンのケミカルシフト、すなわち共鳴周波数の違いを利用して脂肪の定量を行う方法である。脂肪定量では、水と脂肪のプロトンのケミカルシフトを利用する。また、脂肪定量における手法はDixon博士によって提唱されているため、Dixon法と呼ばれる⁶⁾。オリジナルの2-point Dixon法では、水と脂肪のメインピーク (CH₂) 間の共鳴周波数の違いを利用して、特定のエコー時間において、それらが同位相 (in-phase) または逆位相 (out-of-phase) となる画像を作成する。ここで、in-phaseとout-of-phaseの信号強度をそれぞれ S_{in} と S_{out} 、水と脂肪の信号強度をそれぞれ S_w と S_f とすると、 $S_{in} = S_w + S_f$ 、 $S_{out} = S_w - S_f$ と表すことができる。PDFFは水信号と脂肪信号の和に占める脂肪信号の割合なので、 $PDFF = (S_{in} - S_{out}) / 2S_{in}$ 、すなわち $PDFF = S_f / (S_w + S_f)$ として、ピクセルごとの単純な計算でPDFFを得ることができる (図1)。しかし、この2-point Dixon法には後述する欠点があるため、現在までにさまざまな改良が続けられている。

CSE-MRIによるPDFF測定は、信号の大きさと位相のデータを利用するcomplexベースの方法と、信号の大きさのみのデータを使用するmagnitudeベースの方法がある。complexベースの方法では水と脂肪信号を位相で区別できるため、0~100%の推定を行うことがで

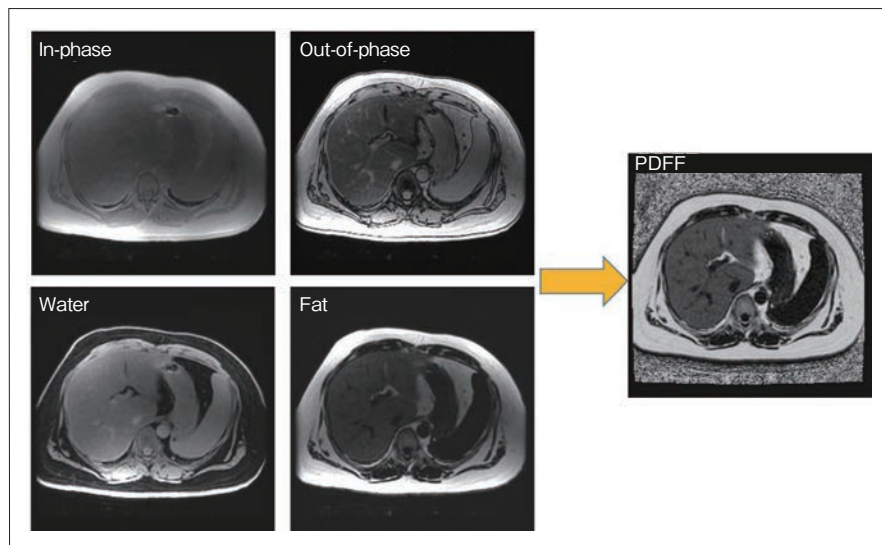


図1 CSE-MRIで得られる画像