

4. 脂肪・鉄沈着定量MRI

— T2*およびT1補正を加味した 新シーケンスの有用性

吉満 研吾

福岡大学医学部放射線医学教室

奥秋 智之/小原 真/Marc Van Cauteren

(株) フィリップスエレクトロニクスジャパン

われわれが、現在、画像的に認識できる生体活動の指標として最も身近に存在するのが、脂肪と鉄である。いずれも、いわゆる酸化ストレス (reactive oxygen species: ROS) の原因あるいは結果として身体に沈着し、それが悪循環を来すことで種々の病態を引き起こすことが知られている。その最たる典型例が、慢性肝障害から肝硬変・肝がん発がんに至る過程である (図1)。

画像上の脂肪あるいは鉄の検出には、通常X線 (CT値) が用いられる。脂肪は低吸収、鉄は高吸収を呈することを応用したものであるが、いずれも微量であればその感度・特異度は低い。超音波では脂肪肝の際、輝度が上昇することはよく知られているが、これは脂肪そのものを検出しているわけではなく、肝細胞内の脂肪滴が膜構造で覆われていることに起因する超音波のインピーダンス変化を見ているに過ぎず、特異度はこれも低い。超音波による鉄の検出も一般に困難である。したがって、通常われわれが用いる画像的手法の中では、MRIが最も脂肪と鉄の検出に適したものである。

MRIによる脂肪検出、特に半定量性を持たせた脂肪検出にはDixon法 (正確には変法) が用いられてきた。本来のDixon法は、スピンエコー法を用いたものであるが、その煩雑さのため、グラディエントエコー法によるDixon法 (化学シフト画像) が日常診療でも多用されている。この手法は簡便で、定性的診断に優れ半定量性もある¹⁾ので広く普及しているが、一方、脂肪検出を厳密にする目的上、out of

phase像を第1エコーに、in-phase像を第2エコーに設定しているため、T2*が短い組織 (典型的にはsusceptibility artifactや鉄が存在する組織) では、第2エコーによる信号が過剰に低下し、仮に脂肪が存在しても、その存在を過小評価してしまう傾向にある。一方では、本法の目的が定性的に微量の脂肪を検出することであることから、その感度を上げるため、通常強いT1強調にパラメータ設定する (FAを高く、TRも長め) が、脂肪がある程度以上多い組織では、脂肪含有量を過大評価することにもつながっていた。すなわち、本法は、一般臨床で定性的に微量脂肪の検出を行うには支障のないものである反面、脂肪の定量評価もしくは鉄が多い環境下での脂肪を正確に評価するには不十分と言わざるを得ず、しばしば結果の解釈に混乱を来す原因となっていた。一方、従来MRIによる鉄の検出には、T2強調像あるいはT2*強調像が用いられてきたが、生体内の鉄の形態としては、前者は主にferitinを、後者はhemosiderinを反映すると言われている。肝において、臨床的に問題になるような過剰鉄はhemosiderinの形態で貯蔵されるため、肝組織のT2*値を知ることは脂肪定量の補正目的だけではなく、鉄自体の検出としても有用である。

われわれは、以前からフィリップス社と共同で、T1値への依存性を可能なかぎり抑え、かつT2*値 (すなわち鉄のfactor) を同時計測して、その値で脂肪含有率を補正可能なグラディエントエコー Dixon法 (multiecho fast field-echo法: mFFE法) を提案し、

その初期応用を報告してきた^{2)~4)}。

本稿では、これらの結果とともに、さらにこれを発展させた3D modified Dixon法 (mDixon法) を近年開発し、試行し始めたので、その結果の一部を紹介する。

mFFE法

1. 原理

mFFE法は、多エコーの減衰の程度からT2*成分を検出し、その値を考慮してフィッティングすることにより脂肪成分計算を補正する2Dシーケンスである。本法では、29個のエコーを用いた。解析法としては、同一ボクセル内の水と脂肪のT2*成分をまとめて1つのパラメータとして計算する3-parameter fitting modelと、それぞれ別個のパラメータとして計算する4-parameter fitting modelの2通りがある。それぞれについてファントムを用いた実験を行った結果、1.5T臨床装置 (Intera Achieva Nova Dual: フィリップス社製) では、4-parameter fitting modelは複雑すぎてエラーが大きくなることが判明したので、3-parameter fitting modelを採用することとした。また、パラメータとしてはフリップ角を20°、TRを48msと、極力T1依存にならないよう (T1の変動に対しても影響が少ないよう) に配慮した。

本法を用いると、一度の撮像で脂肪計算画像、水画像、T2*mapが同時に得られる (図2)。