

2. 肝臓のMRS/CSI

富安もよこ 独立行政法人放射線医学総合研究所重粒子医科学センター

臨床用MRI装置によるMRSでは、対象臓器の代謝物濃度などを非侵襲的に知ることが可能であり、MR画像所見などの組み合わせにより、より詳細な診断や治療方針の決定に寄与できる可能性が示唆されている。ヒトを対象としたMRSでは、観測される代謝物が多い脳研究が先行しているが、以下に述べるように肝臓も非常に多くのMRS測定法が提案されており、代謝疾患などの臨床評価ができる可能性が高い臓器である。本稿では*in vivo*ヒト肝臓MRSについて、現在使用されている測定法から、今後臨床応用が期待されるものまで、幅広く紹介していきたい。

ヒト肝臓MRSの特徴と手法

肝臓は体表面に近い位置にあるため、サーフェスコイルの使用が可能であり、 ^1H 以外にも多核種 (^{13}C , ^{31}P など) によ

るヒト*in vivo* MR測定が比較的盛んに行われている臓器である。内臓で最大の臓器であり (重量で約1200~1400g: 成人¹⁾)、比較的均一な組織で構成されているためにMR信号を得やすい。一方で、呼吸による横隔膜の動き、心臓の拍動、腸の蠕動運動などの外部臓器・組織からの影響により、肝臓自身も常に位置や形態が変化し、MRS測定時に選択領域外由来の信号の混入やMRSピークの線幅の増大、位相の打ち消しによるピーク面積の減少、水消しパルス精度の低下などが起こる原因となっている。

肝臓機能や疾患におけるMRSの利用法として、いままでにさまざまな*in vivo* ヒト肝臓MRSの手法が提案されているが、技術や装置上の制約から研究段階の手法もある。臨床応用がより容易と考えられる順に手法および目的を述べると、① ^1H -MRS: 脂肪量やその組成比の評価、②glycoCEST (^1H -MRI & MRS):

グリコーゲン量評価、③ ^{31}P -MRS: リン脂質・糖代謝やエネルギー状態の評価、肝組織のpH測定、④ ^{13}C -MRS: グリコーゲン合成・蓄積量評価、⑤超偏極 ^{13}C -MRS: TCAサイクルなどにおけるエネルギー代謝の評価などが考えられる。なお、MRI装置を用いてMRS測定/データ処理を行うためのソフトウェアはオプションであり、すでにMRI装置にインストールされている場合、①はすぐに測定が可能であるが、②以降ではさらに特殊なシーケンスのインストールや装置の追加が必要となる。

In vivo ヒト肝臓の ^1H -MRS

in vivo ヒト肝臓 ^1H -MRSの信号収集は、通常はシングルボクセル (single voxel: SV)、またはマルチボクセル (chemical shift imaging: CSI) 法で行う。MRS測定は、SVの場合は数分で、CSI法の場合も測定パラメータ次第では10分程度²⁾で行える。肝臓の動きの補正には、測定中は呼吸同期や息止めなどが、測定後はMRSデータに対して動き補正処理²⁾などが行われている。

得られる ^1H -MRSスペクトルは、脂肪と水由来のピークがほとんどであるが (図1)、場合によってはコリンピークも観測されることがある。スペクトルの各ピークの定量化は、MRI装置付属のソフトウェアで行え、肝臓内脂肪量や脂肪の種類を知ることが可能である。定量解析ソフトウェアの「LCModel」の使用法は

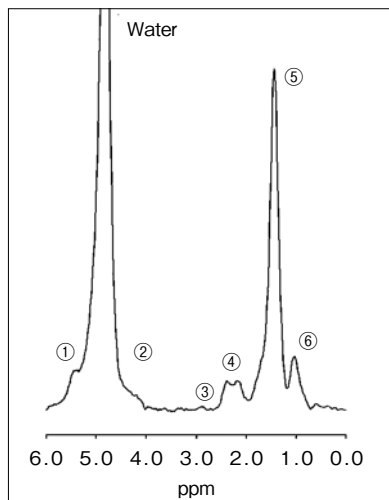


図1 *in vivo* ヒト肝臓 (脂肪肝) ^1H -MR スペクトル

3T MRI装置で測定 (TE/TR = 10/3500ms)。ピークは、①-CH=CH- および -CH-O-CO-, ②-CH₂-O-CO-, ③-CH=CH-CH₂-CH=CH-, ④-CO-CH₂-CH₂- および -CH₂-CH=CH-CH₂-, ⑤-CO-CH₂-CH₂- および -(CH₂)_n-, ⑥-(CH₂)_n-CH₃。臨床では、通常はピーク①および②は水ピークに埋もれてしまい、ピーク③は小さいために観測されない。(参考文献3)の図および文章を一部改変)