

MRI/MRS で生体を計測する～体内分子から水を通して見る脳の活動まで～

明治国際医療大学・梅田雅宏

今回は MRI の歴史、原理、医学応用について触れます。医学応用として注目されている拡散画像、そして中心神経を調べる脳機能画像について説明する予定です。MRI の原理は物理・化学の単語が並び難しく感じられるかもしれませんが。それでも MRI で組織コントラストを作っている緩和時間を作る分子の環境、神経の走行を調べることに利用される拡散画像や流れ計測の元となる傾斜磁場、脳機能画像の中心である BOLD (Blood oxygen level-dependent : ボールド) コントラストの機序について少しでもご理解が進むと嬉しいです。

MRI はノーベル賞受賞者のラウターバーやマンズフィールドによって 1973 年ごろ考えられました。その影ではダマディアンらの「腫瘍が緩和時間で区別できる」という発言が大きく関わり、MRI の普及を後押ししたと考えられています。1980 年台にはミトコンドリアの研究者だったチャンスらが盛んに ATP やクレアチンリン酸を計測し、その後 MRI 計測ができるようになり、1990 年に ME Moseley が、脳梗塞領域の拡散速度の延長が傾斜磁場を用いた拡散強調 MRI で観察されたことを報告し、その臨床応用が注目されました。1999 年には同じ拡散 MRI で神経線維走行を描出できる拡散テンソルトラクトグラフィが発表され注目されました。脳内の神経繊維の結合は、1990 年に小川らが報告した BOLD 効果に基づく fMRI として、今日の脳機能研究の中核をなす研究と併せて解析されています。海外では Human Connectome Project (人の脳機能結合プロジェクト) として大きな研究に発展し脳の機能解明への強力な研究体制が気付かれています。

本学は国内で唯一の鍼灸学部を擁した大学としてスタートしています。このため、BOLD 効果が報告されてすぐに、鍼・灸の刺激が中枢にどう作用するのかの fMRI 研究に取り掛かりました。ところが指の運動や、擦過などの体性感覚刺激で生じる BOLD 信号変化に比べ、より強い刺激感覚を与える撚鍼刺激の変化領域が小さいことなど説明できない点がありました。そこで、信号変化を調べてみると BOLD 信号変化が刺激に対して遅れていることがわかりました。この変化は視覚や嗅覚、他の触刺激などでは生じません。しかし、残念ながら、なぜ強い鍼刺激で信号変化が遅れるのかは未解決です。一方、安静時に生じる脳活動では機能領域の連動が確認され、脳機能結合 (脳内ネットワーク) が fMRI で確認されるようになりました。現在は各脳領域における活動と、脳機能領域の結合の強弱を併せて理解することが脳機能研究の主流になっています。

一方で、神経細胞から不要となった代謝産物を排出する機構について研究が進められています。その機序の一つに“脊髄液の流れ“が注目されています。アルツハイマー病マーカーの一つであるアミロイドβなどの蓄積の阻害が、こうした神経内の清掃に関与するとの研究が報告されています。血管壁には水を通すアクアポリンという穴があり、そこを水分子が動脈から出て神経細胞を通して静脈に流れていると考えられるようになりました。この観察にも将来的に拡散強調画像が利用されるようになるかと考えています。このことに関連する組織の水移動を描出する技術についても紹介する予定です。