

脳機能障害を画像で見る

京都府立医科大学 放射線科・脳神経外科 成瀬 昭二

脳の断面を画像でみる方法には Computed Tomography (X 線 CT) と Magnetic Resonance Imaging (MRI:磁気共鳴画像) とがある。しかし前者は形態のみを画像化するのに対して、後者では機能情報を含んだ画像が得られる。MRIの原理は核磁気共鳴法(Nuclear magnetic resonance; NMR)である。MRIの特徴は、(1) 放射線被爆のない非侵襲的な測定、(2)優れたコントラスト分解能と空間分解能、(3) 任意の方向の断層画像、(4) 3次元測定が容易、(5) 流れの情報を捉えて、造影剤を使わない血管撮影(MR Angiography: MRA)、(6) 内在性の代謝物質の検出とその分布画像(磁気共鳴スペクトロスコピー:MR Spectroscopy:MRS)、(7) 数10 msecの超高速測定による心臓のreal time動画像測定、(8)微少な水分子の動き(拡散)の画像化(Diffusion Weighted Imaging:DWI)、(9) 脳の血管床や血流量の画像化(脳灌流画像:Perfusion imaging)、(10) 脳の局在機能の画像化(Functional MRI:fMRI)、などが可能であることである。これら卓越した能力を用いて临床上、病気の診断や解析に広く用いられているのみならず、基礎分野で脳機能研究に用いられてきている。本会では、このうちfMRIを中心に、MRSやDWIの実例を紹介し脳機能がどのようにMRIで画像化できるか述べ、また脳機能障害にどのように応用できるかに付いて考察する。

まず、fMRIについて概説する。従来から、ヒトの脳機能を画像化する方法は、PET(Positron Emission Tomography)、脳磁図、脳波、などで検討されているが、各々、放射線被爆や装置の特殊性、空間分解能が悪い、断層画像が得られない、単独では位置の決定ができない、などの問題があり、繰り返し行う必要のある脳機能の測定や臨床応用には限界があった。それに対し、fMRIは、これらの問題点を一挙に解決する可能性を有しているので広く注目されている。fMRIの機序に関しては、脳が活動すると局所の脳の血流が増える現象を、血管内のヘモグロビン(Hb)による信号強度変化を基に画像化しているとされている。即ち、脳の活動の結果、血管内の物質

であるOxy-Hbが相対的に増加してNMR信号が増加することを捉えている。これは、blood oxygenation level dependent (BOLD) contrast法と呼ばれている。fMRIは、3.0~4.0 Teslaの超高磁場装置や、一般の臨床用MR装置でも可能である。実際の測定方法では、超高速測定法が用いられる。測定時間は0.1秒くらいで、連続的な10秒間くらいの脳の賦活を行いその間、1秒間ごとにデータ測定が行われている。賦活方法には、光刺激、手足指の運動などの単純な賦活から、最近では高次脳機能の測定が行われるようになってきている。賦活部位の信号強度変化は数%~10%位(3-6%位)であり、種々の統計学的手法にて、賦活部位の決定と画像化がなされている。脳腫瘍、脳梗塞などの病態での脳機能画像の臨床応用はなされつつあるが、広い範囲での脳機能障害に対するfMRIの応用はあまり進んでおらず、今後の展開に期待がかかっている。

次に、MRSについて簡単に述べる。MRSの最大の特徴は、組織中の内在性代謝物質を非侵襲的に測定できることである。臨床用装置では、身体の限局した小さな多くの領域からスペクトルを得て(multi-voxel法)、内在性代謝物質の分布を画像化する方法(代謝画像)が実用的である。測定対象核種は ^{31}P と ^1H とがある。

^{31}P -MRSでは、ATP、PCr、無機リン、糖リン酸などのエネルギー代謝に関連した物質とリン酸ジエステル類、モノエステル類などのリン脂質代謝に関連した物質が測定できる。 ^1H -MRSでは、N-アセチルアスパラギン酸、クレアチン、コリン、イノシトール、グルタミン、乳酸などが検出される。これら代謝物質は、脳腫瘍、脳梗塞、アルツハイマー病、脱髄変性疾患などで変化する事が報告されている。即ち、代謝の面から脳の機能障害を測定し、それを画像化出来る大きな特徴を有している。

これらが示すように、MRIは脳の機能を非侵襲的に画像化できるという、他のどんな方法でも為し得ない大きな特徴があり、今後、脳機能障害の画像化へ広く使われて行くべき方法であるといえる。