

3. 分子イメージング —PET/MRIを中心に

菅野 巖 放射線医学総合研究所分子イメージング研究センター

MRIは、画像診断法の中で最も有用性の高いイメージング法である。一方、PETは、疾患の病態解明に有力になる細胞や、組織の分子機能を測定するイメージング法である。両者を一体化したPET/MRIは、解剖学組織形態と分子機能を同時にイメージングする方法として、さまざまな疾患の病態診断が可能な夢のモダリティと言える。

本稿では、PET/MRIの臨床的な意義、開発の技術的側面、その現状を報告したい。

MRIとPETを統合する 利点

MRIとPETでは、測定できる体内分子の最小濃度、すなわち測定感度が大きく異なる。PETは、体内分子の濃度がピコモル (10^{-12}) 程度でも測定でき、測定感度が非常に高い。これに対してMRIは、測定できる体内分子の濃度は 10^{-5} モル程度であり、PETに比べ7、8桁ほど感度が低くなる。このため、体内の微量分子、例えば、濃度が 10^{-9} モル程度と言われる脳の神経受容体やトランスポーターなどのイメージングは、PETだけが可能である。

しかし、空間分解能はMRIの方が優れている。通常MRIではmm以下、ヒト用7T装置では数百 μ mの分解能が得られるが、PETでは通常の装置で4～5mm、高分解能装置でも2～3mmである。さらに、PETでは、統計誤差による雑音を平滑化するために空間的スムージングが必要であり、実質的な分解能はさらに低くなる。このように、PET単独では、ターゲットの位置を同定することは困難である。それを補完するmm単位の解剖学的なイメージングが必要になる。

PETとMRIでは、イメージングに使用される信号源も異なる。MRIの信号源は、水素原子のスピン緩和時間等の変化であり、体内組織のT1やT2などの信号をそのまま形態情報の詳細なイメージングに使用する。また、MRIでは豊かな組織形態情報に加え、血液内ヘモグロビンの脱酸素化で変化するわずかな磁化率変化をBOLD信号として測定するfMRIという生理学的機能イメージングも併せ持つ。一方、PETは信号源が体外から投与されるポジトロン放射核種であるため、その体内投与から体外に排出されるまでの体内挙動イメージング

から分子機能を測定することになる。

このように、MRIとPETではそれぞれの特徴があり、両者を時間的、空間的に同一座標で測定することは、それぞれのイメージングの長所を生かし、新しい相乗効果を生み出すマルチモダリティイメージングとして位置づけることができる¹⁾。

PETとMRIの結合の 技術的課題

PETとMRIの一体化において最大の技術的ネックは、PET検出器が磁場に弱いことである。そのほかにも、PETの検出器結晶とMRIのRFコイルを狭い空間に配置する設計上の競合や、MRIの高周波とPETの電子回路のクロストークなどの問題もある。

現在のPETは、検出器結晶の発光を光電子増倍管(PMT)という真空管で電流に変換しているため、磁場の中では正しく動作しない。そのため、PMTの代わりに半導体素子のアバランシェ光電ダイオード(APD)が使用されている。ただ、APDは電子増幅率が低いので、PMT並みに増幅率を向上させたシリコ



図1 動物用光ファイバー式PET/MRI
永久磁石型MRI内に位置したPET検出器から、光ファイバーでPET回路に光信号を送る。
(参考文献2)より引用)

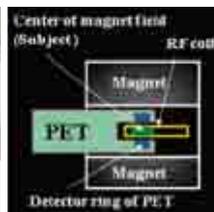


図2 Gachon大学神経科学研究所の装置
左側のPET装置(HRRT)と右側の7T MRIの間を患者ベッドが移動する。