

## 4. 神経変性疾患 ——新SWIのPADRE (PhAse DiffeRence Enhanced imaging)

米田 哲也\*1/掛田 伸吾\*2/興梠 征典\*2/佐藤 徹\*3  
北島 美香\*4/平井 俊範\*5/小味 昌憲\*4/山下 康行\*5

\*1 熊本大学大学院生命科学研究部医療技術科学講座 \*2 産業医科大学放射線科学教室  
\*3 産業医科大学病院放射線部 \*4 熊本大学医学部附属病院中央放射線部・医療技術部  
\*5 熊本大学大学院生命科学研究部放射線診断学分野

神経変性疾患の一部は、MR画像上で特徴的な画像所見を示すことが知られている。進行性核上性麻痺 (progressive supranuclear palsy : PSP) でのハミングバードサインや、オリーブ橋小脳萎縮症型の多系統萎縮症 (multiple system atrophy : MSA) でのホットクロスバニオンなどである。しかしながら、MRIをはじめとした多くのモダリティでは、病初期に異常所見をとらえることは難しく、特に通常のMRIシーケンスを用いた撮像法では、形態学的変化を評価することは可能であるが、病初期の病理学的変化をとらえることは難しい。一方、病理学的な観点からは、神経変性が $\alpha$ -シヌクレインやタウによって引き起こされることが解明され、タンパク質の異常蓄積とその毒性、そしてそれらタンパク集積部位の排除といった機序が明らかにされてきている。

このような中、MRIはその磁場強度を3Tまで向上させ、磁場均一度の向上、RFパルスの送信技術の革新、受信側のデジタル化など、高空間分解能画像を得る環境が次第に整いつつあるため、従来の画像取得法でも、近いうちに白質変性を直接とらえることが可能になるかもしれない。しかしながら、当面は「今使用している機材」で撮像し、可能なかぎり病理所見を再現できるよう工夫する必要がある。そこで本稿では、現在のMR画像情報の中でも、最も組織変化を鋭敏に反映する

と考えられる位相画像情報を新しい画像コントラストとして提供する、位相差強調画像化法 (PhAse DiffeRence Enhanced imaging : PADRE) を紹介し、PADREがなぜ白質線維の変性を鋭敏にとらえるかを解説する。その上で、いくつかの変性疾患の病理学的変化をPADREが観察可能にしている事例を示す。

### 位相差強調画像化法と ミエリン

筆者らが開発を行っているPADREは、すでに臨床利用が行われている磁化率強調画像化法 (susceptibility weighted imaging : SWI) と同様に、MRI位相画像情報を選択的に強調する、いわゆる位相画像技術のひとつである。タイトルには新SWIと銘打ってはいるものの、とどのつまり後発技術であるため、SWIにはない特徴と利点を備えなければ臨床技術としての意味がない。

すでに多くの方がご存知のように、位相画像情報は、組織が持つ磁化率と呼ばれる磁場への応答を反映して信号値が表現されているため、位相画像信号を選択的に強調することにより、組織の磁性を選択的に強調することとなることは明らかである。この磁化率の詳細や、組織の磁化率をそのまま取り出して定量化する技術 (定量的磁化率マップ : QSM)

などについての議論はきわめて学術的であり、本稿の目的を逸脱するため省かせていただきたい。興味のある読者は、INNERVISION 2013年9月号 (28・9, 13~16) にて筆者が詳述しているため、そちらを参照していただければ幸いである。さて、話を戻して、位相画像情報は組織が磁場にどのように応答するか——つまり、磁石にくっつくような性質 (常磁性) なのか、反発する性質 (反磁性) なのか——を区分する画像情報であるため、例えば同じ血液でもoxy-なのか、deoxy-なのかによって血液の磁性が変わることを利用して、位相画像上で「原理的には」区分がつけられる。このような事実を背景に、SWIは血液中のdeoxy-hemoglobinなど、水の磁性に比べてより常磁性に近い磁性を持つ物質をコントラスト化するように、位相を限定的に強調する技術である<sup>1)~3)</sup>。

ところで、血液のように鉄が含まれているものは磁性を示すことは理解できるが、今問題にしている白質線維は、一般的には磁性を示さないと考えられているタンパク、もしくは脂質であるため、はたして磁場に反応するのかという疑問がある。答えはyesである。実際、きわめて単純明快な実験が、1978年にBoroskeとHelfrichによって行われ、生体由来のタンパクが磁場に反応することを証明した<sup>4)</sup>。実験は、卵の中に含まれている