

# MRIに強くなるための原理の基本 やさしく、深く教えます

物理オンチでも大丈夫。撮像・読影の基本から最新技術まで

■ はじめに .....	3
■ Color Atlas .....	8

## Lesson 0 MRIを学ぶ前に 10

- 1 MRIとは？：CTとの違い
- 2 MRIとCTはどのように使い分けたいのですか？
- 3 静磁場磁石と1.5テスラ、3テスラMRI
- 4 MRIはどのように読影するの？
- 5 MRIって体に害はないの？
- 6 数学や物理が苦手でも、MRIは理解できますか？

## Lesson 1 プロトンは磁石 22

MRIは生体のプロトンの磁石の性質（スピン）を利用している

- 1 プロトンは電荷をもって回転し、磁場をつくる
- 2 MRIは水と脂肪の中にあるプロトンを画像化する

## Lesson 2 磁場の中でのプロトンの挙動 24

コマのように回転し、上向き磁石となる

- 1 磁場の中でプロトンは上向きと下向きの磁石にわかれて猛烈な速さで回転している
- 2 MRIでは強い磁場が必要

## Lesson 3 磁気共鳴現象とは… 28

磁場の中のプロトンにRFパルスを加えることによって共鳴→励起→緩和が起こるプロセス

- 1 磁気共鳴現象の大まかな流れ
- 2 まず、スピンの共鳴して励起が起こる
- 3 励起されたスピンの何が起こるか
- 4 エコー信号の発生

## 4 緩和とは…

### 励起されたスピンの状態に戻る過程

- 1 緩和は励起されたスピンの状態に戻る過程である
- 2 緩和は縦緩和と横緩和に分けられる
- 3 縦緩和は横緩和より時間がかかる
- 4 緩和値が組織でなぜ異なるのか：少し詳しい説明 **Advanced**
- 5 磁場の強さで緩和値は違いますか **Advanced**

## 5 MRIの基本撮像法

### 180°パルスを使う spin echo 法

- 1 エコー信号を発生させるために必要な 180° パルス
- 2 Spin echo 法とは
- 3 緩和と spin echo 法の関係について **Advanced**
- 4 Spin echo 法の撮像時間

## 6 T1 強調画像と T2 強調画像

- 1 TRとTEの長さを変えて T1, T2 強調画像を得る
- 2 実際の spin echo 法でのパラメータの設定

## 7 組織と信号強度

### 読影のキモ

- 1 画像コントラストは主にプロトン密度と組織固有の T1, T2 値で決まる
- 2 MRI の信号強度の具体的な解釈
- 3 粘稠な液体：T2 強調画像の信号強度が低下する
- 4 磁性体が存在する場合：局所磁場が乱れて信号強度に変調をきたす
- 5 脳出血（血腫）：信号が経時的に変化する
- 6 石灰沈着部：稀に高信号となることがある
- 7 腱などが角度によって高信号となることがある（magic angle 効果）
- 8 悪性と良性の病変は MRI の画像で鑑別が難しいことも多い

## 8 エコー信号をコイルで受信する

- 1 MRI は受信コイルで信号をキャッチする
- 2 MRI のコイルには静磁場コイル, RFコイル, 傾斜磁場コイルの 3 種類がある

Lesson  
**9**

## 傾斜磁場によって信号発信の位置を探る

72

- 1 傾斜磁場とは何か
- 2 スライスの選択はRFパルスと同時にスライス選択傾斜磁場をかける
- 3 位相エンコードでは強さを変えて傾斜磁場をくり返す
- 4 周波数エンコードは信号受信と同時に行う
- 5 傾斜磁場によるスピンの位相の分散と収束

Lesson  
**10**

## MRIの急行列車

81

### 傾斜磁場を使う gradient echo 法

- 1 Spin echo 法と gradient echo 法の違い
- 2 Gradient echo 法では短時間撮像が可能
- 3 Gradient echo 法は磁場の不均一に敏感
- 4 Gradient echo 法でもT1強調画像やT2強調類似画像を得ることができる

Lesson  
**11**

## k空間はMRIのデータセンタ

87

- 1 フーリエ変換によってエコー信号を周波数の関数に変える
- 2 位相エンコードの数だけ受信をくり返してk空間を充填する
- 3 k空間の中心部は画像のコントラストを決定し、  
辺縁部は細かい輪郭情報を決めている
- 4 k空間をうまく使うことで撮像時間の短縮が可能である
- 5 Fast spin echo 法は大幅な時間短縮が可能
- 6 EPI 法はk空間を一挙に充填させる超高速撮像法

Lesson  
**12**

## MRIで多数の断面を撮像する

97

- 1 MRIでは一度にたくさんのスライスを得ることができる
- 2 三次元撮像ではスライス選択においても位相エンコードを使うため、  
撮像時間は長い
- 3 三次元撮像は強い信号の薄いスライスの画像が得られる
- 4 MR angiography や MRCP では三次元で撮像した画像から  
必要なデータを抽出している

## 13 プレパルスで画像にスパイス 画像に特徴的なコントラストを与えよう

103

- 1 Inversion recovery 法で、ユニークなコントラストの画像を得る
- 2 脂肪抑制画像には大別すると2つの方法がある
- 3 飽和パルスによって邪魔な信号を消す

## 14 MR angiography 造影剤なしで血流を描出できる

112

- 1 Gradient echo 法では血管が白く見える
- 2 頭部 MR angiography では三次元の gradient echo 法を使う
- 3 体幹部や四肢の MR angiography では造影剤を使うこともある

## 15 MRI の造影剤は磁性体です

118

- 1 Gd 造影剤はプロトンの緩和を促進する：Gd<sup>3+</sup>は自分では光らない
- 2 常磁性体は原子の中の不対電子によって強力な磁性を発揮する
- 3 造影剤は濃過ぎると逆に信号が低下する
- 4 MRI でも CT のように造影ダイナミック撮影が可能である
- 5 超常磁性酸化鉄：T2 強調画像で使う造影剤
- 6 MRI の造影剤の安全性

## 16 拡散強調画像

126

- 1 拡散強調画像では動きの悪いプロトンが光る
- 2 拡散強調画像では拡散検出磁場を使用して、拡散の大きさを測定する
- 3 拡散の程度を数値化する
- 4 拡散強調画像の応用

## 17 MRI の厄介者：アーチファクト

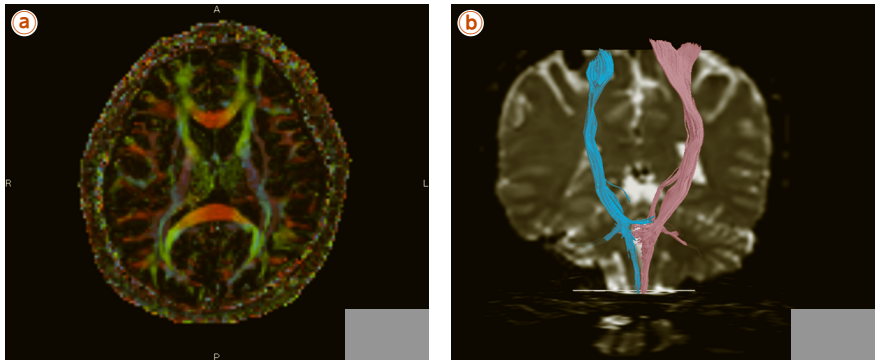
137

- 1 動きによるアーチファクト：位相方向に発生する
- 2 折り返しによるアーチファクト：撮像範囲が被写体より小さいために起こる
- 3 磁化率アーチファクト：静磁場のひずみによって起こる
- 4 化学シフトアーチファクト：水と脂肪の境界面に見られる
- 5 その他のアーチファクト

- ① MRCP：脂肪を抑制して水を画像化する
- ② 化学シフト画像 (Chemical shift imaging)：少量の脂肪の検出に有効
- ③ スペクトロスコピー：生体成分の分析ができる
- ④ 遅延造影は障害心筋を教えてくれる
- ⑤ Keyhole imaging：k空間を上手に使うってダイナミックMRIを高速化する
- ⑥ パラレルイメージング：複数のコイルを使って撮像時間を短縮する

■ 索引 ..... 162

## Color Atlas



### ● 拡散テンソル画像 (本文p.136の図16-10参照)

① ベクトルカラーマップ, ② 錐体路の拡散テンソル画像.

拡散検出磁場の方向を6方向以上変えて、プロトンがどちらの方向に動きやすいかで、神経線維束の走行を推定するものである。ベクトルカラーマップでは前後方向が緑、上下方向が青、左右方向が赤で表示されている。この画像をもとに始点と終点となる関心領域を設定し、複数のスライスを追跡して、神経線維束を求めたものが拡散テンソル画像である。