

Ⅲ 臨床MRIの最新動向

5. 乳腺や前立腺DWIにおける
新技術と将来展望

飯間 麻美 名古屋大学大学院医学系研究科新規低侵襲画像診断法基盤開発研究寄附講座

MRI検査は、がんの早期発見と正確な診断において重要な役割を果たしている。特に拡散強調画像 (DWI) は、造影剤を使用せずに組織の微細構造を評価できる非侵襲的検査法として、その臨床的価値が確立されている。乳腺領域では、近々予定されているBI-RADSアップデートで、形態評価の精度向上と検査時間の短縮が求められる中、DWIを含む複数の画像情報による統合的評価がより重視されるようになった。前立腺領域では、DWIは前立腺がんのマルチパラメトリックMRIの基盤技術であり、T2強調画像と組み合わせることで、PI-RADS評価における病変検出、局在診断を大幅に改善する。

体幹部DWIは、神経領域とは異なる特有の技術的課題を抱えている。呼吸や心拍動による動き、磁化率アーチファクト、組織の不均一性などが主要な問題であり、こうした技術的制約に対して、人工知能 (AI) を活用した画像再構成技術や、時間依存性拡散MRIに対応可能なmotion probing gradient (MPG) 印加手法、解析モデルの開発など、革新的なアプローチが続々と登場している。

本稿では、筆者がco-chairとして2025年2月に京都で主催したISMRM Diffusion Workshopでの最新知見を踏まえ、乳腺領域における革新的技術と将来展望について解説する。本Workshopは、300名以上という過去最大規模の参加者を得て大盛況であったが、発表の約8割が神経領域に関するものであった。このような状況で、乳腺を含む体幹部特有の画像診断の課題について、study groupレベルで深

く検討することは容易ではないが、神経領域で開発された先進的技術の多くは体幹部にも応用可能であり、本Workshopで得られた知見は乳腺を含む体幹部DWIの発展に大きく貢献するものと考えられる。

以下、乳腺DWIにおける技術的課題とその解決策、最新の臨床応用、そして将来展望について、前立腺など、ほかの体幹部臓器での進歩も参考にしながら説明する。

体幹部DWIにおける
技術的課題と解決策
—乳腺・前立腺領域を中心に—

体幹部、特に乳腺領域のDWI撮像には、神経領域とは異なる特有の技術的課題が存在する。これらの課題は大きく4つに分類される。①信号雑音比 (SNR) の低下、②画像の歪み、③ボクセル内の組織不均一性、そして④生理的動きによるアーチファクトである。これらの課題は相互に関連し、診断精度に影響する。

1. 信号雑音比の低下

体幹部DWIでは、脳と比較してSNRが低い。これは、組織のT2値が短いことや、呼吸同期による実効的な撮像時間の制限、そして、頭部用コイルに比べて受信チャンネル数が少ないことや、患者の体格や臓器の形状によって大きく感度が低下すること、SNR低下の原因となる。乳腺では、脂肪と腺組織の混在により複雑な信号特性を示し、前

立腺でも特に高b値撮像時に同様の問題が生じ、定量評価の精度が低下する。

2. 画像の歪み

乳腺領域では、空気と組織の境界面における磁化率の大きな変化により、局所的な磁場の不均一が生じる。特に、胸壁近傍や腋窩領域では、エコープラナーイメージング (EPI) 法に起因する幾何学的歪みが顕著に現れる。前立腺でも、直腸内ガスによる磁化率変動が画像の歪みを引き起こし、特に前立腺後縁部の評価が困難になる場合がある。

3. ボクセル内の組織不均一性

乳腺の単一ボクセル内には、実質、脂肪、血管、リンパ管、間質など、拡散特性の異なる成分が混在する。前立腺も、腺組織、間質、平滑筋に加え、がんが存在する場合は、悪性度により細胞密度などの微細構造が不均一となる。両臓器とも、従来の単一指数関数モデルでは見かけの拡散係数 (ADC) 値が各成分の加重平均となり、真の組織特性をとらえることが困難である。

4. 生理的動き

乳房は胸壁に比較的固定されており、呼吸による直接的な変位が少ないため、適切な撮像技術を用いることで、動きによるアーチファクトを効果的に抑制することが可能である。一方、前立腺では、呼吸の影響は小さいが、腸管蠕動や不随意的体動が画質劣化やADC値の信頼性低下を引き起こす。これらは、特に