（別紙様式２号）

主 論 文 要 旨

論文提出者氏名：小林　大地
専攻分野：放射線診断・IVR学 指導教授：三村　秀文
主論文の題目： Deep-Learning Reconstruction of the Prostate Improves Image Quality and Acquisition Time in T2-Weighted Imaging （ディープラーニング再構成による前立腺T2強調画像の画質改善および撮像時間短縮）
共著者： Hayato Tomita , Tsuyoshi Morimoto , Yuki Deguchi , Hirofumi Fukuchi , Hikaru Ishida , Kumie Miyakawa , Yasuyuki Kobayashi, Hidefumi Mimura

緒言

　前立腺癌は世界的に男性で高頻度にみられる悪性腫瘍であり、早期診断と的確なリスクの層別化が重要である。その診断には血清PSA(prostate-specific antigen)測定、経直腸超音波検査、MRI(magnetic resonance imaging)、生検が用いられ、特にMRIは腫瘍の局在評価や病期診断、治療選択において中心的役割を担う。現在、国際的にはPI-RADS(Prostate Imaging Reporting and Data System)に準拠した撮像・読影が標準化され、診断の均質化が進められている。その中でもT2強調画像（T2WI）は前立腺の詳細な解剖構造を把握し、特に移行域病変の評価に不可欠である。しかし、T2WIは撮像時間が長く、患者体動に伴うモーションアーチファクトやノイズの増加が画質低下を招くことが課題となっている。画質を維持または改善しつつ撮像時間を短縮できる手法の開発は、臨床的意義が大きいと考えられる。本研究は、従来型T2WI（C-T2）とDeep Learning再構成

（DLR）を用いた T2WI（DL-T2）を比較し、画質および撮像効率の優位性を定量的・定性的に明らかにすることを目的とした。

方法・対象

対象は 2022 年 4 月から 2023 年 6 月に前立腺癌の疑いで前立腺 MRI を受けた患者のうち、化学療法施行例や前立腺切除例を除いた 106 例（平均年齢 71 歳、全例男性）である。撮像は Canon 社製の 3T 装置を用い、DLR には同社の Advanced Intelligent Clear-IQ Engine（AiCE）を使用した。定量的評価では、直腸周囲脂肪、内閉鎖筋、恥骨結節に関心領域を設定し、信号雑音比（SNR）およびコントラスト比（CR）を算出した。定性的評価では、8 つの前立腺周囲解剖構造(外科的被膜、解剖学的被膜、前部線維筋組織、膀胱-前立腺、直腸-前立腺、精嚢、恥骨直腸筋、内閉鎖筋)、overall image quality およびモーションアーチファクトを 2 名の放射線科医が 5 または 4 段階の尺度で評価し、級内相関係数を用いて一致度を算出した。

なお本研究は、聖マリアンナ医科大学生命倫理委員会(承認第 6123 号)の承認を得たものである。

結果

撮像時間は従来法である C-T2 で 4 分 16 秒に対し、DL-T2 は 2 分 12 秒と約半分に短縮された。定量的評価では、DL-T2 において直腸周囲脂肪および内閉鎖筋の SNR が有意に高く、脂肪/筋肉および骨/筋肉の CR も C-T2 より優れていた（いずれも $p<0.01$）。恥骨結節の SNR には有意差を認めなかった($p=0.10$)が、CR は DL-T2 が優位であった($p=0.04$)。定性的評価では、前立腺周囲解剖構造の描出能、overall image quality、モーションアーチファクトのいずれにおいても DL-T2 は C-T2 より有意に高評価であった（$p<0.05$）。読影者間一致度は良好の範囲であり、評価の再現性も確認された。提示した代表症例でも

DL-T2 は構造の鮮明さが向上し、従来法に比べて被膜や周囲組織の境界が明瞭に描出されている。

考察

本研究では、従来法の C-T2 と Deep Learning 再構成を用いた DL-T2 の画質を比較した。その結果、DL-T2 は C-T2 に比べて SNR や CR が有意に高く、描出能も優れていた。さらに撮像時間は C-T2 の約 4 分 16 秒から 2 分 12 秒へと半減し、短時間で高品質な画像取得が可能であることが示された。前立腺 MRI は前立腺癌の診断に重要な立ち位置を占めているが、画質と撮像時間のトレードオフの関係にあることが問題となっている。というのも、ピクセルサイズを縮小して画質を上げると信号が減弱するため加算回数を増やす必要があるが、その結果撮像時間が延長してモーションアーチファクトも増加してしまうためである。撮像技術の面ではこれまでもパラレルイメージングや圧縮センシング技術による時間短縮が試みられてきたが、近年では AI を用いた DLR が特に注目されている。今回使用した DLR 技術は高解像度画像とノイズ混入画像を比較学習させることで、信号とノイズを識別し、ノイズの少ない画像を再構成するといったものである。これにより短時間化と高解像度化を同時に行うことができるとされるが、今回の結果もその特性を裏付けるものとなった。本研究にはいくつかのがある。単施設後ろ向き研究である点、DLR の最適パラメータ設定が未確立である点、DLR の臨床応用について標準化が進んでいない点が挙げられる。また PI-RADS スコアや腫瘍描出能への影響は未検討であり、病理との比較症例も少数であった。今後は多施設共同研究や病理との比較を含めた前向き検討は必要であると考える。

結論

DL-T2 は従来法と比較してより短時間かつ高画質な前立腺 MRI を可

能とする。