

第二次審査（論文公開審査）結果の要旨

Clinically Significant Prostate Cancer Prediction Using Multimodal  
Deep Learning with Prostate-Specific Antigen Restriction

PSA を用いたマルチモーダル深層学習による  
臨床的意義のある前立腺癌の予測

日本医科大学大学院医学研究科 男性生殖器・泌尿器科学分野

研究生 武田 隼人

Current Oncology 2024, 31 (11), 7180-7189 掲載

DOI:10.3390/currenco131110530

健診での PSA 採血の普及に伴い、日本人男性における前立腺癌の罹患率は第 1 位である一方、部位別癌死亡数では第 7 位である。前立腺生検により得られた病理組織所見のほか、画像所見、採血での PSA 値を組み合わせて、総合的に判断してリスク分類を行ない、治療方針を決定する。他の癌腫と異なり、前立腺癌特有ではあるが、臨床的に意義のある癌は significant cancer と判断して積極的な治療対象となるが、insignificant cancer と判断されれば、積極的治療の対象とはならず、経過観察療法も選択される。

PSA  $\leq 20$  ng/mL の低～中間リスク群においても、臨床的に意義のある前立腺癌が潜在することがあり、超音波画像、MRI (T2WI、DWI/ADC)、PSA 値を統合し、AI によるマルチモーダル深層学習を用いて、診断精度の向上の可能性について評価を行なった。

日本医科大学において、前立腺生検を受けた 151 例 (トレーニング症例: 112 例、テスト症例 39 例) を対象とした。Step1 として超音波画像、MRI (T2WI、DWI/ADC) から前立腺を切り出した。Step2 として ImageNet で事前学習したデータを用い、各モダリティから深層学習モデルが高い悪性度を示した上位 3 枚の画像を自動選択した。Step3 として PSA 単独、各画像モダリティ単独、そして全データを統合したモデルの予測性能を ROC 曲線を作成して AUC を用いて比較した。

AI の前立腺癌の診断精度は、PSA 制限なし ( $n=151$ ) では、AUC は PSA 0.649、超音波 0.715、T2WI 0.738、DWI 0.582、ADC 0.690 であったのに対し、統合モデルでは AUC 0.878 (95%CI: 0.772–0.984) と有意に高い精度 ( $p=0.024$ ) を示した。特に T2WI と超音波は比較的高い診断精度を示したが、いずれも PSA と統計的に有意な差は認めなかった。

一方、PSA  $\leq 20$  ng/mL ( $n=122$ ) に限定すると、PSA の AUC は 0.574 と低下したが、T2WI (0.803) や超音波 (0.708) は一定の精度を維持した。統合モデルは AUC 0.862 (95%CI: 0.723–1.000) と高い予測精度を保持し、PSA での予測力が低下する領域においても画像情報の統合が診断精度を補完することが示された ( $p=0.032$ )。

本研究は、AI によるマルチモーダル深層学習が、低～中間リスク群の PSA 領域において、significant prostate cancer の診断精度の向上に有用であり、前立腺癌診療の個別化・効率化に貢献し得ることを示した。また、データの蓄積により、insignificant prostate cancer および前立腺肥大症などの良性疾患の診断の向上にも寄与できることを示せた。

第二次審査では、1. Gleason Score と AUC との関連性、2. 多施設間での解析への展望、3. 前立腺癌と予後との関連性、4. 遺伝子変異への活用、5. AUC が 1.0 とならない理由、6. 深層学習モデルの選択、7. 経直腸的超音波画像の AI への取り込み方法、8. MRI での情報取得方法などに関して質疑がなされ、それぞれに対して的確な回答が得られた。本研究に関する知識を十分に有していることが示された。

本研究は、前立腺癌を診断する際に、マルチモーダル深層学習を用いることで、従来は診断難しい PSA 領域においても診断精度を補完できることを示した。AI により、不必要な前立腺生検を減らし、医療経済に貢献できるものである。以上より本論文は学位論文として価値あるものと認定した。