

直腸がん診断支援のための AI（人工知能）を用いたリンパ節検出分類システムの開発

愛知県がんセンター
消化器外科部 医長 大内 晶

1. 研究の背景・目的

直腸癌では骨盤壁に存在するリンパ節への転移を比較的高率に來し、それは「側方リンパ節転移」として直腸癌外科治療において重要となる。本邦では 1970 年代より骨盤壁の拡大リンパ節郭清（側方郭清）による直腸癌の治療成績の向上が試みられてきたが、側方郭清は手術時間の延長、出血量の増加、そして自律神経を温存した場合においても排尿・性機能障害を高率で生じることが臨床で問題となっている。また現行のガイドライン通りに本術式を適応した場合の転移陽性率は決して高くなく（約 20%）^{1)~6)}、現時点では本術式が不要な患者も側方郭清による過大な侵襲を受けているといえる。

このように直腸癌におけるより精度の高いリンパ節転移診断法の開発は、治療成績の維持と患者の QOL の向上の両立のために重要である。そこで本研究は直腸癌の外科切除患者を対象として、術前の CT・MRI 画像および病理組織診断結果を人工知能（AI: Artificial Intelligence）に学習させることで、より精度の高いリンパ節転移診断法を創出することを目的とした。

2. 研究の対象ならびに目標

本研究では直腸癌患者の術前の CT・MRI 画像と、その画像で指摘されたリンパ節に対応する病理組織診断（リンパ節へのがん転移の有無）の情報を前向きに収集し、AI を用いた深層学習（deep learning）の手法を用いて機械学習を行うことで、1) リンパ節の自動検出、2) リンパ節の良悪の鑑別（分類）を試みた。

1) リンパ節の自動検出

米国 National Institutes of Health (NIH) の The Cancer Imaging Archive (TCIA) から入手した腹部造影 CT のフリー画像 77 例を学習モデルとして、物体の局所的特徴と位置情報の両方を学習することが可能な畳み込みニューラルネットワーク

(convolutional neural network: CNN)を用いてCT画像全体からの骨盤リンパ節の検出を試みた。

2) リンパ節の良悪の鑑別

愛知県がんセンターで直腸癌に対してCT・MRI検査を施行後に直腸手術と側方郭清を受ける患者に前向きに同意を取得して、CNNを用いて骨盤リンパ節の良悪の鑑別を試みた。撮像した画像を研究代表者または研究分担者が読影して認識できる骨盤リンパ節のマーキングを行い、外科治療で得られた組織から画像でマーキングしたリンパ節と一致するリンパ節を採取した。

3. 研究結果

1) リンパ節の自動検出

リンパ節の検出には全てが畳み込み層で構成されている Fully Convolutional Network (FCN) の一種である R2U-Net を用いた。

当初はCT画像全体(512×512px)の全体に対して学習・検出を行ったが、同手法でのリンパ節の検出感度は32%にとどまった。次にCT画像全体(512×512px)から64×64pxのカーネルで64pxずつ(パッチ画像と同サイズ)ストライドさせ学習・検出を行うことで、リンパ節の検出感度は52%に向上した。最終的にCT画像全体(512×512px)から64×64pxのカーネルで32pxずつ(パッチ画像に対し1/2の幅)ストライドさせ学習・検出を行うことで、リンパ節の検出感度は76%に到達した。

2) リンパ節の良悪の鑑別

リンパ節の良悪の鑑別には多くの層を有するCNNが画像の特徴の学習に有利と思われる、その条件を満たすCNNの一種である ResNet-34 を用いた。

2022年2月までに直腸癌59例から170個のリンパ節をラベルし、うち25例37個のリンパ節を解析した。37個のうち24個を学習用とし、1つのリンパ節から連続する16スライス画像を切り出しさらに回転及び反転の処理で6倍に増やすことで、144個2304枚の画像で学習を行い、残る13個のリンパ節でテストを行った。現時点ではリンパ節の検出感度は40.0%、特異度は87.5%に留まるが、今後学習用の症例を増やすことで正診率の向上を目指す。

4. 考察

本研究においてリンパ節の検出については既に8割近いリンパ節が検出できるようになり、少なくともがん転移が陽性のリンパ節を見落とすことはないレベルにまで向

上している。一方リンパ節の良悪の鑑別についてはその正診率は未だ低く、現時点ではまだ実用化には至らない。

今後は特にリンパ節の良悪の鑑別の学習に用いるデータセットを増やすことでその診断精度を向上させ、最終的には CT 画像内のリンパ節の検出および検出したリンパ節の転移診断の完全自動化を目指す。

5. 文献

- 1) Arii K, Takifuji K, Yokoyama S, et al. Preoperative evaluation of pelvic lateral lymph node of patients with lower rectal cancer: comparison study of MR imaging and CT in 53 patients. *Langenbecks Arch Surg.* 2006 Sep;391(5):449-54.
- 2) Matsuoka H, Nakamura A, Masaki T, et al. Optimal diagnostic criteria for lateral pelvic lymph node metastasis in rectal carcinoma. *Anticancer Res.* 2007 Sep-Oct;27(5B):3529-33.
- 3) Fujita S, Yamamoto S, Akasu T, et al. Risk factors of lateral pelvic lymph node metastasis in advanced rectal cancer. *Int J Colorectal Dis.* 2009 Sep;24(9):1085-90.
- 4) Akasu T, Iinuma G, Takawa M, et al. Accuracy of high-resolution magnetic resonance imaging in preoperative staging of rectal cancer. *Ann Surg Oncol.* 2009 Oct;16(10):2787-94.
- 5) Ishibe A, Ota M, Watanabe J, et al. Prediction of Lateral Pelvic Lymph-Node Metastasis in Low Rectal Cancer by Magnetic Resonance Imaging. *World J Surg.* 2016 Apr;40(4):995-1001.
- 6) Komori K, Fujita S, Mizusawa J, et al; Colorectal Cancer Study Group of Japan Clinical Oncology Group. Predictive factors of pathological lateral pelvic lymph node metastasis in patients without clinical lateral pelvic lymph node metastasis (clinical stage II/III): The analysis of data from the clinical trial (JCOG0212). *Eur J Surg Oncol.* 2019 Mar;45(3):336-340.

6. 紙上・学会発表

本研究結果は第 77 回日本消化器外科学会総会（2021 年 7 月）で発表を行い、現在論文化を進めている。