

3차원 종양 PET 영상을 이용한 직장암 치료반응 예측

양진규[○], 김강산*, 신의섭**, 우상근*

[○]한국원자력의학원 RI중개연구팀,

*한국원자력의학원 RI중개연구팀,

**한국원자력의학원 외과

e-mail: {jingue.yang, krmount, uisupshin, skwoo}@kirams.re.kr

Prediction of pathological complete response in rectal cancer using 3D tumor PET image

Jinyu Yang[○], Kangsan Kim*, Ui-sup Shin**, Sang-Keun Woo*

[○]Dept. of RI-Convergence Research Korea Institute of Radiological and Medical Sciences,

*Dept. of RI-Convergence Research Korea Institute of Radiological and Medical Sciences,

**Dept. of Surgery, Korea Institute of Radiological and Medical Sciences

● 요약 ●

본 논문에서는 FDG-PET 영상을 사용하는 딥러닝 네트워크를 이용하여 직장암 환자의 치료 후 완치를 예측하는 연구를 수행하였다. 직장암은 흔한 악성 종양 중 하나이지만 병리학적으로 완전하게 치료되는 가능성이 매우 낮아, 치료 후의 반응을 예측하고 적절한 치료 방법을 선택하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 FDG-PET 영상에 합성곱 신경망(CNN)모델을 활용하여 딥러닝 네트워크를 구축하고 직장암 환자의 치료반응을 예측하는 연구를 진행하였다. 116명의 직장암 환자의 FDG-PET 영상을 획득하였다. 대상군은 2cm 이상의 종양 크기를 가지는 환자를 대상으로 하였으며 치료 후 완치된 환자는 21명이었다. FDG-PET 영상은 전신 영역과 종양 영역으로 나누어 평가하였다. 딥러닝 네트워크는 2차원 및 3차원 영상입력에 대한 CNN 모델로 구성되었다. 학습된 CNN 모델을 사용하여 직장암의 치료 후 완치를 예측하는 성능을 평가하였다. 학습 결과에서 평균 정확도와 정밀도는 각각 0.854와 0.905로 나타났으며, 모든 CNN 모델과 영상 영역에 따른 성능을 보였다. 테스트 결과에서는 3차원 CNN 모델과 종양 영역만을 이용한 네트워크에서 정확도가 높게 평가됨을 확인하였다. 본 연구에서는 CNN 모델의 입력 영상에 따른 차이와 영상 영역에 따른 딥러닝 네트워크의 성능을 평가하였으며 딥러닝 네트워크 모델을 통해 직장암 치료반응을 예측하고 적절한 치료 방향 결정에 도움이 될 것으로 기대한다.

키워드: 딥러닝 네트워크 (Deep learning network), 합성곱 신경망 (Convolution neural network), 직장암 (Rectal cancer), 양전자방출단층촬영 (PET, Positron emission tomography)

I. Introduction

직장암은 흔한 악성 종양 중 하나이며 대한민국에서도 치명률이 성별에 따라 2, 3위로 높은 암종이다 [1, 2]. 직장암이 병리학적으로 완전하게 치료될 가능성은 15~20% 수준으로 매우 낮다 [2]. 따라서 환자의 치료 후 완치를 예측하고, 예측된 결과를 통해 적절한 치료방법을 택하는 것이 중요하다. 이를 위해 MRI 및 CT의 해부학적 영상에서 추출한 특징을 사용한 Machine learning (ML) 기반으로 여러 예측 모델에 관한 연구가 수행되었다 [3, 4]. Positron emission

tomography (PET) 영상은 환자에게 주입된 방사성의약품의 체내 분포를 추적하여 인체의 생화학적 변화를 영상화하는 비침습적 핵의학 영상 기술이다. 그중 fluorodeoxyglucose (FDG)를 이용한 PET (FDG-PET)는 가장 널리 이용되는 PET 검사로서 인체 내부의 포도당 대사를 직접 평가할 수 있다. 대부분 암, 종양세포의 포도당 대사는 증가하고 이를 FDG-PET 영상으로 평가함으로써 악성과 양성 종양 감별, 재발 암의 발견, 치료반응 평가에 유용하다 [5]. 본 연구에서는

FDG-PET 영상을 사용한 딥러닝 네트워크를 이용하여 직장암 환자의 완치를 예측하는 연구를 수행하였다.

II. Materials and Methods

1. 직장암 환자의 FDG-PET 영상 준비

총 116명의 직장암 환자의 FDG-PET 영상을 준비하였다. 모든 환자의 종양 크기는 2cm 이상이다. 치료 이후 병리학적으로 완치가 확인된 환자는 21명이다. 모든 영상에 환자의 신체가 전부 나타나는 전신 영상과 직장암 부분만 있는 종양 영역 영상을 준비하였다.

2. 직장암 치료반응 예측 딥러닝 네트워크

FDG-PET 영상을 사용하여 병리학적 완치를 예측하기 위해 2차원 및 3차원 입력에 대한 Convolution neural network (CNN)를 사용하였다. 두 CNN 모델의 구조는 입력 계층과 출력 계층, 4개의 2차원 및 3차원 합성곱 계층 (Convolution layer), 4개의 배치 정규화 계층 (Batch normalization), 6개의 활성화 계층 (ReLU), 3개의 최대 풀링 계층 (Max pooling), 3개의 선형 계층 (Linear), 2개의 규제 계층 (Dropout)으로 이루어져 있다. 네트워크 파라미터는 Adam optimizer에 의해 최적의 값으로 수렴한다. 옵티마이저 학습률은 0.0002로 설정했다. 학습은 총 100번을 반복하였다. CNN 모델의 차원 수 (2D, 3D)와 FDG-PET 영상의 영역 (Whole-body, Tumor)에 따라 네트워크 학습과 테스트를 진행하였다.

3. 딥러닝 네트워크를 통한 학습 정확도 및 테스트 정확도 평가

딥러닝 네트워크를 통하여 학습된 CNN 모델의 직장암 치료반응 예측 성능을 확인하기 위해 학습과 테스트의 정확도 (Accuracy), 정밀도 (Precision)를 평가하였다. 딥러닝 수행 시 학습 데이터와 테스트 데이터의 비율을 8:2로 설정하였다.

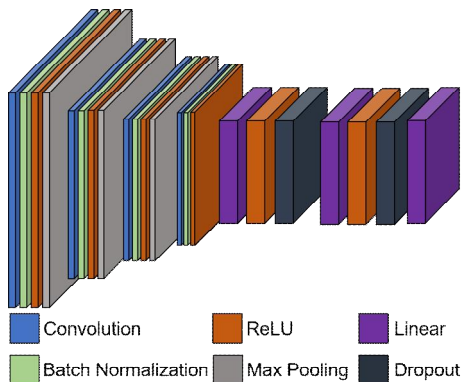


Fig. 1. 직장암 치료반응 예측 CNN 모델 모식도

III. Result

딥러닝 네트워크를 이용한 직장암의 치료 후 완치 예측 모델의 학습 결과를 Table. 1에 테스트 결과를 Table. 2에 제시하였다. CNN 모델에 입력되는 영상의 차원과 FDG-PET 영상의 영역을 변경하여 정확도 및 정밀도를 비교하였다. 학습 결과에서는 평균 0.854의 정확도와 평균 0.905의 정밀도를 보여주며 비슷한 성능을 보여주었다. 테스트 결과에서는 CNN 모델과 종양 영역 영상을 사용한 네트워크가 가장 높은 정확도 (0.792)를 나타냈다.

Table 1. Train results of CNN models

Network-data	Accuracy	Precision
2D CNN-whole body	0.8528	0.8447
2D CNN-tumor	0.8656	0.9750
3D CNN-Whole body	0.8495	0.8
3D CNN-tumor	0.8478	1.0

Table 2. Test results of CNN models

Network-data	Accuracy
2D CNN-whole body	0.7736
2D CNN-tumor	0.76080
3D CNN-Whole body	0.7083
3D CNN-tumor	0.7917

IV. Conclusions

본 연구에서는 CNN 모델을 사용하여 딥러닝 네트워크를 구축하고 직장암의 FDG-PET 영상을 이용해 치료 후 반응 예측 성능을 평가하였다. 3차원 CNN 모델과 종양 영역 영상을 사용하여 학습한 딥러닝 네트워크 정확도가 높은 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 CNN 모델의 입력 영상에 따른 차이와 영상 영역에 따른 딥러닝 네트워크의 성능을 평가하였으며 딥러닝 네트워크 모델을 통해 직장암 치료반응을 예측하고 적절한 치료 방향 결정에 도움이 될 것으로 기대한다.

REFERENCES

- [1] Jung KW, Won YJ, Kang MJ, Kong HJ, Im JS, Seo HG. "Prediction of cancer incidence and mortality in Korea," Cancer Res Treat. Vol. 52, No. 2 2022.
- [2] Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, Siegel RL, Torre LA, Jemal A. "Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries."CA Cancer J Clin. Vol. 68, No. 6, PP 394-424, 2018.
- [3] Martin, S. T., H. M. Heneghan, and D. C. Winter. "Systematic review and meta-analysis of outcomes

- following pathological complete response to neoadjuvant chemoradiotherapy for rectal cancer." *Journal of British Surgery* Vol. 99, No. 7 pp. 918-928, 2012.
- [4] Antunes, Jacob T., et al. "Radiomic features of primary rectal cancers on baseline T2-weighted MRI are associated with pathologic complete response to neoadjuvant chemoradiation: a multisite study." *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, Vol. 52, No. 5, 2020.
- [5] Yun Ho Kong, et al. "Positron Emission Tomography with Fluorine-18-Fluorodeoxyglucose is Useful for Predicting the Prognosis of Patients with Hepatocellular Carcinoma." *The Korean Journal of Hepatology* Vol. 10, No. 4, 2004.