

# 양전자 단층 촬영 영상을 사용한 악성 흉수 진단을 위한 컨볼루션 신경망 기반 딥러닝 모델의 성능 평가

김예지<sup>0</sup>, 이종민<sup>\*</sup>, 유승진<sup>\*\*</sup>, 김보근<sup>\*\*\*</sup>, 이 현<sup>\*\*\*</sup>, 최윤영<sup>\*\*\*\*</sup>, 이수진<sup>\*\*\*\*</sup>

<sup>0</sup>한양대학교 공과대학 인공지능학과,

<sup>\*</sup>한양대학교 공과대학 융합전자공학부,

<sup>\*\*</sup>한양대학교 의과대학 영상의학과,

<sup>\*\*\*</sup>한양대학교 의과대학 내과,

<sup>\*\*\*\*</sup>한양대학교 의과대학 핵의학과

e-mail: rladpw135@hanyang.ac.kr<sup>0</sup>, ljm@hanyang.ac.kr<sup>\*</sup>, seungjin.yoo@gmail.com<sup>\*\*</sup>, kbg1q2w3e@gmail.com<sup>\*\*\*</sup>, namuhanayeyo@hanyang.ac.kr<sup>\*\*\*\*</sup>, yychoi@hanyang.ac.kr<sup>\*\*\*\*</sup>, leesoojin@hanyang.ac.kr<sup>\*\*\*\*</sup>

## Performance Evaluation of a Convolutional Neural Network Models for Diagnosing Malignant Pleural Effusion Using Positron Emission Tomography

Yeji Kim<sup>0</sup>, Jong-Min Lee<sup>\*</sup>, Seung-Jin Yoo<sup>\*\*</sup>, Bo-Guen Kim<sup>\*\*\*</sup>, Hyun Lee<sup>\*\*\*</sup>,

Yun Young Choi<sup>\*\*\*\*</sup>, Soo Jin Lee<sup>\*\*\*\*</sup>

<sup>0</sup>Dept. of Artificial Intelligence, Hanyang University,

<sup>\*</sup>Dept. of Electronic Engineering, Hanyang University,

<sup>\*\*</sup>Dept. of Radiology, Hanyang University College of Medicine,

<sup>\*\*\*</sup>Dept. of Internal Medicine, Hanyang University College of Medicine,

<sup>\*\*\*\*</sup>Dept. of Nuclear Medicine, Hanyang University College of Medicine

### ● 요약 ●

악성 흉수의 진단은 세포학적 검사로 암세포를 확인하는 것이 필수적이며 진단율은 50~80%로 나타난다. 양전자 단층 촬영은 비침습적으로 암 병기를 평가하는 유용한 방법이다. 하지만 암이 아닌 다른 원인으로 인한 포도당 대사로 인하여 양전자 단층 촬영만으로 악성 흉수를 진단하는 데 어려움이 있다. 악성 흉수 자동 진단 모델은 암세포를 진단하는데 있어서 보조적인 역할이 가능하다. 이에 따라 본 연구는 컨볼루션 신경망 기반의 딥러닝 모델을 개발하여 악성 흉수 진단 성능을 확인하고 진단의 보조적 목적으로써 딥러닝의 사용 가능성을 확인하고자 하였다. 결과적으로 모델 전반적으로 accuracy 0.7~0.86의 높은 성능을 보였다. 본 연구의 결과를 통해 실제 의료 환경에서 악성 흉수를 진단하는데 딥러닝 모델이 보조적인 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

**키워드:** 악성 흉수(Malignant Pleural Effusion), 양전자 단층 촬영(Positron Emission Tomography), 컨볼루션 신경망(Convolution Neural Network)

### I. Introduction

흉수는 다양한 질병에서 발생하며 악성 흉수는 악성 종양 환자에서 이환율의 중요한 원인이다. 악성 흉수의 75% 이상이 폐암, 유방암, 난소암, 림프종 등에 의하여 발생하며, 원인 종양 질환과 무관하게 종양 생존 기간은 5개월로 알려져 있다. 악성 흉수는 세포학적 검사로 암세포를 확인하는 것이 필수적이며, 세포학적 검사의 진단율은 원인 종양의 자연 경과, 병변 분포에 따라 50~80%로 다양하다. 양전자 단층 촬영(positron emission tomography, PET)은 암의 포도당

대사를 반영하는 진신 영상으로 비침습적이며, 암 병기를 평가하는 유용한 검사이다. 하지만 암세포뿐 아니라, 염증세포에서도 포도당 대사가 증가하여, 악성 흉수를 예측하는 데 어려움이 있다. 따라서 본 연구는 흉수 환자의 양전자 단층 촬영 영상으로 악성 흉수를 예측하는 CNN 기반 딥러닝 모델들을 학습하여 분류 성능을 확인하고자 한다.

## II. Preliminaries

### 1. Related works

#### 1.1 국내외 동향

국내외에서 양전자 단층 촬영 영상으로 악성 흉수 예측하는 알고리즘 개발 연구는 아직 보고된 바가 없다.

## III. The Proposed Scheme

### 1. 대상 및 데이터 처리

본 연구에서는 한양대학교 병원에서 모집한 악성 흉수 (71건) 와 양성 흉수 (28건) 로 확진된 총 99 개의 양전자 단층 촬영 영상과 컴퓨터 단층 촬영 영상을 이용하였다. 흉수 영역 분할을 위해 공개 데이터 셋인 PleThora(<https://www.cancerimagingarchive.net>)를 사용하였다.

PleThora의 컴퓨터 단층 촬영 영상을 사용하여 Unet (Ronneberger, 2015) 을 학습했고, 학습된 모델을 이용하여 모집한 데이터의 흉수 영역을 분할하였다. 이후 흉수 마스크를 사용하여 흉수 영역만 포함하는 3D 패치(patch)로 크롭(crop) 하였다.

### 2. 네트워크 구조 및 학습

#### 2.1 Convolution Neural Netowrk (CNN)

컨볼루션 신경망 (Convolution Neural Network) 은 이미지의 특징값을 학습을 통해 추출하는 딥러닝 네트워크 구조이다. 본 연구에서 사용한 구조는 컨볼루션 계층 2개, 최대값 풀링 (max pooling) 계층, 컨볼루션 계층 2개, 최대값 풀링 이어, 완전 연결 (fully connected) 계층으로 구성하였다.

#### 2.2 ResNet

ResNet은 잔차 블록으로 이루어져 있으며, 잔차 블록을 거친 학습된 값을 출력하기 전에 입력값을 더하고 활성화 함수를 통과시켜 최종 출력을 얻는 특징을 가지고 있다. 본 연구는 10, 50, 101계층 ResNet을 사용하여 학습하였다.

#### 2.3 DenseNet

DenseNet은 각 계층의 특징 맵 (feature map)을 해당 계층의 이후의 모든 계층에 연결 (concatenate) 하는 방식이다. 본 연구의 121개 계층을 포함한 DenseNet을 학습하였다.

#### 2.4 학습

데이터 수가 적고 라벨의 비율이 불균일하여 일반화되기 어려운 문제를 완화하고자 K-겹 교차 검증 방법을 도입하였으며 K는 5로 설정하였다.

전체 양전자 단층 영상을 이용하는 태스크와 흉수 영역만 포함하는 3D 패치를 이용하는 태스크를 실험하였다. 각 결과는 Table 1, 2와 같다.

Table 1. 전체 PET을 이용한 학습 결과 (mean±SD)

Model	Accuracy	AUC	Sensitivity	Specificity
CNN	0.741±0.115	0.618±0.158	0.786±0.295	0.771±0.112
ResNet10	0.817±0.077	0.761±0.033	0.837±0.171	0.818±0.082
ResNet50	0.817±0.092	0.756±0.047	0.910±0.124	0.805±0.101
ResNet101	0.863±0.084	0.735±0.081	0.887±0.104	0.859±0.087
DenseNet	0.789±0.094	0.735±0.048	0.560±0.518	0.776±0.093

Table 2. 흉수 영역 PET을 이용한 학습결과 (mean±SD)

Model	Accuracy	AUC	Sensitivity	Specificity
CNN	0.750±0.092	0.559±0.055	0.680±0.217	0.763±0.088
ResNet10	0.757±0.084	0.628±0.153	0.507±0.285	0.810±0.138
ResNet50	0.700±0.090	0.512±0.049	0.100±0.224	0.704±0.091
ResNet101	0.765±0.094	0.583±0.043	0.683±0.410	0.762±0.091
DenseNet	0.738±0.080	0.615±0.062	0.514±0.501	0.740±0.077

## IV. Conclusions

본 연구는 악성 흉수를 진단하는 CNN 기반 딥러닝 모델의 성능을 평가하였다. 그 결과 전반적으로 안정적인 높은 성능으로 보였다. 본 연구의 결과에 따라 실제 임상 의료 환경에서 악성 흉수를 진단하는 데 딥러닝 모델이 보조적인 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

## ACKNOWLEDGEMENT

이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2020-0-01373, 인공지능대학원지원(한양대학교)).

## REFERENCES

- [1] Zamboni MM, da Silva CT, Baretta R, et al. "Important prognostic factors for survival in patients with malignant pleural effusion" BMC Pulm Med, Vol. 15, pp.29, 2015.
- [2] Arnold DT and Maskell N, "Imaging for malignant pleural effusions-still no routine role of positron emission tomography" J Thoracic Dis. Vol 11(3), pp.1079-1081, 2019
- [3] Sadaghiani MS, Rowe ST, Sheikhbaheci S, "Applications of artificial intelligence in oncologic 18F-FDG PET/CT imaging: a systematic review" Ann Transl Med, Vol 9(9), pp.823, 2021.
- [4] Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. "U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation" Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention - MICCAI 2015, Volume 9351, pp. 234-241. 2015