

인공지능 플랫폼기반 요로결석진단을 위한 CT 영상 데이터 자동판독 시스템 구축

노시형¹, 이충섭¹, 김태훈^{1,5}, 이윤오^{2,5}, 박성빈³, 윤권하^{1,4,5}, 정창원^{1,5}

¹원광대학교 의료융합연구센터

²원광대학교 병원 전산정보팀

³중앙대학교 병원 영상의학과

⁴원광대학교 병원 영상의학과

⁵원광대학교 병원 스마트헬스 IT사업단

e-mail : {nosij123, cslee99, tae_hoonkim}@wku.ac.kr, wonduke@empas.com
pksungbin@paran.com, {khy1646, mediblue}@wku.ac.kr

Construction of CT Image data Automatic Recognition System for Diagnosis of Urinary Stone Based on AI Plaform

Si-Hyeong Noh¹, Chungsub Lee¹, Tae-Hoon Kim^{1,5}, Yun Oh Lee^{2,5}, Sung Bin Park³, Kwon-Ha Yoon^{1,4,5}, Chang-Won Jeong^{1,5}

¹Medical Convergence Research Center, Wonkwang University

²Computing & Information Team, Wonkwang University Hospital

³Department of Radiology, ChungAng University Hospital

⁴Department of Radiology, Wonkwang University School of Medicine and Hospital

⁵Smart Health IT Center, Wonkwang University Hospital

요 약

본 논문은 인공지능 플랫폼 기반의 요로결석 진단을 위한 CT 영상 데이터 자동판독 시스템에 대해 기술하고자 한다. 제안한 시스템은 웹 기반의 플랫폼을 기반으로 하며, 인공지능 기반의 진단 알고리즘을 장착하여 빠르게 요로결석 환자의 스크리닝에 목적을 두고 있다. 병원정보시스템의 PACS와 EMR과 연계와 Deep learning 진단 알고리즘을 적용한 요로결석 자동판독 시스템을 개발하였다. 특히, 기 구축된 인공지능 플랫폼을 통해 추출한 데이터셋을 기반으로 진단 알고리즘 개발 방법과 수행 결과를 보인다. 제안한 시스템은 요로결석 진단과 수술여부에 의사결정지원 시스템으로 임상에서 활용될 것으로 기대하고 있다.

1. 서론

의료영상 분석 분야에 인공지능 기술이 도입되면서, 영상 진단연구가 활발하게 진행되고 있다[1,2].

8년간 국내 요로결석 환자 수는 건강보험자료(2013년)를 토대로 확인한바 연간 6%씩 증가하고 있고 재발이 증가하고 있는 추세이다. 요로결석 진단 방법으로 전통적인 경정맥 요로조영술(IVU) 보다 검사시간이 5분으로 짧은 시간에 검사를 수행할 수 있는 비조영복부CT(NECT)를 많이 사용하고 있다.

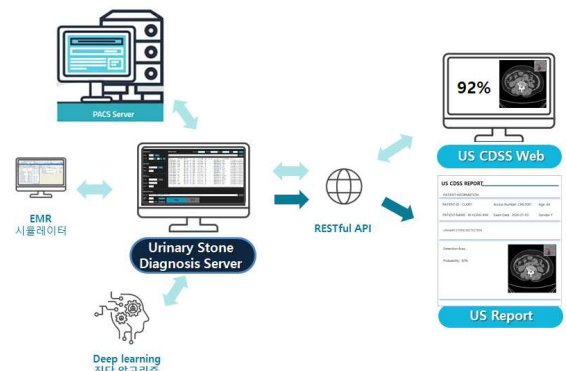
본 논문에서는 이러한 CT 영상 데이터를 기반으로 요로결석 자동판독 시스템을 제안하고자 한다. 제안한 시스템은 손쉽고, 빠르게 요로결석 질환의 스크리닝에 목적을 두어 개발하였다. 이를 위해 기존 병원정보 시스템과의 연계와 요로결석 진단 서버와 연계하고 웹 기반 진단과 예측 리포트를 통해 의사결정 지원 서비스를 제공하도록 설계하였다. 이를 위해 기 구축된 인공지능 플랫폼에서 관리하고 있는 의료영상 데이터에서 학습데이터와 External validation을 합쳐 1000여 명의 데이터셋을 추출하여 학습과 검증을 위한 데이터로 활용하여 Accuracy 0.907의 정확도를 가진 Deep learning 알고리즘을 개발하였다[3]. 그

리고 타 기관의 200여 명의 데이터셋으로 검증하여 개발한 요로결석 진단 알고리즘을 토대로 웹 기반 요로결석 자동진단 시스템을 구축하였다.

2. 요로결석진단을 위한 CT 영상 데이터 자동판독 시스템

2.1 전체 시스템 환경

그림 1은 요로결석진단을 위한 CT 영상 데이터 자동판독 시스템의 전체 구조도를 보인다.



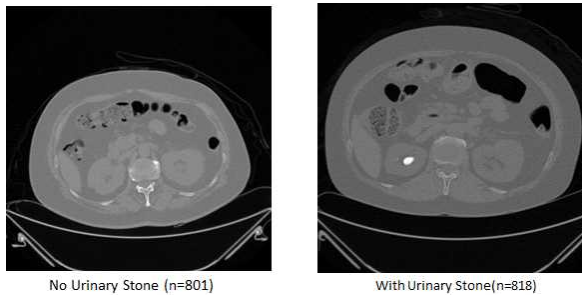
(그림 1) 요로결석 의사결정지원 시스템 전체 구조도

제안한 시스템은 요로결석 진단 서버와 웹 기반 Restful API를 통해 요로결석의 진단 결과 정보를 제공하여 다수의 의료영상을 자동판독할 수 있다.

환자가 CT 촬영하여 PACS에 데이터를 요청하면, 웹 기반 요로결석 진단 서버로 해당 환자의 파일이 업로드된다. 그다음 미리 학습되어있는 가중치와 모델을 통한 Deep learning 진단 알고리즘 모듈을 통해 요로결석의 여부를 판별한다. 마지막으로 판별된 정보는 질환 유무와 위치 그리고 수술 여부에 대한 정보를 Report를 통해 제공한다.

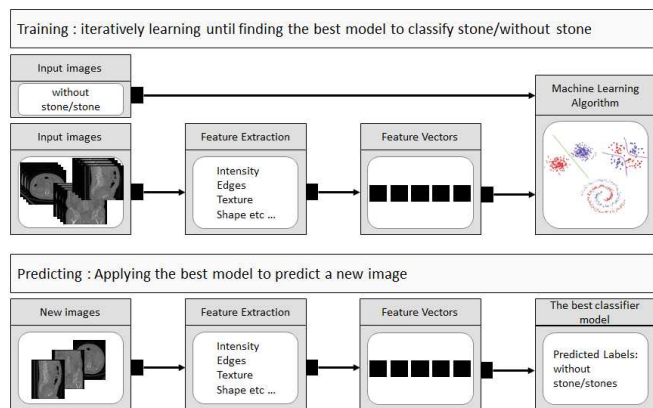
2.2 인공지능플랫폼기반의 머신러닝 알고리즘개발

그림 2는 의료영상기반 인공지능 플랫폼에 저장 관리하고 있는 5만명 데이터에서 진단명 요로결석으로 추출한 873명의 CT 영상으로, 학습을 위한 데이터셋으로 활용하였다. 또한, 타 기관의 데이터셋으로는 200명의 CT 영상으로 External validation에 적용하였다.



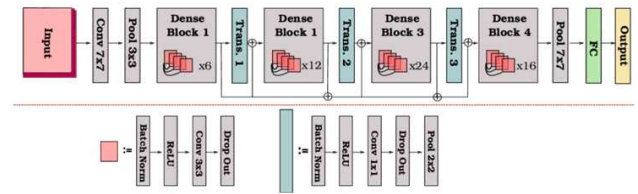
(그림 2) 요로결석 질환 데이터셋과 컨트롤 데이터셋

머신러닝 알고리즘 개발을 위해서는 다음 그림 3과 같이 반복적인 학습을 통해 모듈을 개발하였다. 현재 요로결석 진단을 위한 연구는 앞서 언급한 플랫폼을 통해 알고리즘 개발한 상태이며, 차후 예측모델을 개발할 계획이다.



(그림 3) 요로결석 진단을 위한 알고리즘과 예측모델 개발

해당 모듈은 학습을 통해 만들어진 Deep learning 가중치와 그림 4와 같은 Dense Net[4]을 기반으로 한 모델을 통해 입력된 데이터의 질환 여부를 판별한다.



(그림 4) DenseNet Layer 구조

그림 5는 Deep learning module을 통해 입력된 데이터셋을 classification 하는 화면을 나타낸 것이다. 멀티 파일과 싱글 파일에 대하여 분류된 모델을 구성하고 있으며, 데이터 전체에 대한 classify를 통해 0, 1로 구분된 질환 구분 모델과 한 명의 환자에 대하여 질환에 해당하는 영상을 판별하게 되면 classify가 중단되도록 만들어진 Module이 존재한다. 각각의 결과는 Module이 종료됨과 함께 Excel 파일로 만들어져 파일명과 질환이 있을 확률 (Accuracy), Normal과 Abnormal을 구분하여 저장된다.

```

root@sion-XPS-8910: /home/sion
root@sion-XPS-8910: /home/sion
2020-10-20 10:17:32.959235: I tensorflow/core/common_runtime/gpu/gpu_device.cc:1257] Device
2020-10-20 10:17:32.959319: I tensorflow/core/common_runtime/gpu/gpu_device.cc:1263] Device
Loaded model from disk
Model: "model"

```

Layer (type)	Output Shape	Param #
patches (InputLayer)	[(None, 18, 42, 42, 3)]	0
time_distributed (TimeDistri (None, 18, 1, 1, 1024)		7037504
time_distributed_1 (TimeDist (None, 18, 1024)		0
lstm (LSTM)	(None, 18, 256)	1311744
lstm_1 (LSTM)	(None, 18, 128)	197120
time_distributed_2 (TimeDist (None, 18, 32)		4128
time_distributed_3 (TimeDist (None, 18, 3)		99
flatten_1 (Flatten)	(None, 54)	0
dense_2 (Dense)	(None, 32)	1760
dense_3 (Dense)	(None, 2)	66

```

Total params: 8,552,421
Trainable params: 8,468,773
Non-trainable params: 83,648

```

```

aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/12.dcn [9.9999857e-01 1.4724601e-06] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/13.dcn [9.9951422e-01 4.8576735e-04] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/14.dcn [0.83345593 0.9665441 ] 1
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/15.dcn [9.9991824e-01 8.9806941e-05] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/16.dcn [0.8949326 0.1050674] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/17.dcn [9.9997747e-01 2.2498170e-05] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/18.dcn [9.9989689e-01 1.0314854e-04] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/19.dcn [0.98933576 0.0106421] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/20.dcn [0.8018301 0.19810984] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/21.dcn [0.9953159 0.00468416] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/22.dcn [0.99876523 0.00123476] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/23.dcn [0.01394716 0.9808729 ] 1
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/24.dcn [0.9854058 0.01459415] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/25.dcn [9.9993455e-01 6.5448408e-05] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/26.dcn [9.9993858e-01 6.146873e-05] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/27.dcn [0.9388975 0.0610249] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/28.dcn [0.7643547 0.23564526] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/29.dcn [0.911674 0.08832603] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/30.dcn [0.6932807 0.30671924] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/31.dcn [0.9226062 0.07739375] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/32.dcn [9.9999808e-01 2.064308e-06] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/33.dcn [0.9733359 0.02666413] 0
aaa /home/sion/ECR/kernelSac0e06155/lnconic/DataSet/val/34.dcn [0.98176599 0.0182941 ] 1

```

(그림 5) Deep Learning Model과 Module 수행화면

이 수행 결과, 수행속도는 CPU 기반 PC에서 장당 0.11 sec로 CT 의료영상(300장)의 자동판독 시간은 30초가량으

로 요로결석 진단 시간은 검사시간 5분을 포함하여 5분 30초 정도면 요로결석 여부를 확인할 수 있다. 따라서, 1 시간에 10명을 진단할 수 있으며, 일일 진료시간 내 70명을 진단할 수 있다.

US CDSS REPORT

PATIENT INFORMATION

PATIENT ID : CU001 Access Number: L3421001 Age: 64

PATIENT NAME : KI HONG KIM Exam Date : 2020-01-03 Gender: F

URINARY STONE DETECTION

Detection Area

Probability : 92%

The image shows a cross-sectional CT scan of the abdomen. A red box highlights a small, bright, circular object in the right kidney, indicating a urinary stone. The text 'Detection Area' and 'Probability : 92%' are displayed next to the image.

그림 5는 Deep learning module을 통해 출력된 결과를 출력해주는 요로결석 CDSS Report이다. Report에는 환자의 기본적인 정보와 함께 요로결석이 발견된 위치를 마스킹하여 출력하며, 결석일 확률을 표기하여 진단을 돕는다.

(그림 5) 요로결석 진단 리포트 결과화면

참고문헌

- [1] EliGibson, WenqiLi, CaroleSudre, LucasFidon, Dzhoshkun I.Shakir, GuotaiWang, Zach Eaton-Rosen, RobertGray, TomDoel, YipengHu, TomWhyntie, ParashkevNachev, MarcModat, Dean C.Barratt, SébastienOurselin, M. JorgeCardoso, TomVercauteren "NiftyNet: a deep-learning platform for medical imaging", Computer Methods and Programs in Biomedicine, Volume 158, May 2018, Pages 113-122
- [2] Velickovski, F., Ceccaroni, L., Roca, J. et al. Clinical Decision Support Systems (CDSS) for preventive management of COPD patients. J Transl Med 12, S9 (2014). <https://doi.org/10.1186/1479-5876-12-S2-S9>
- [3]Noh SH. et al. (2021) Analysis and Classification of Urinary Stones Using Deep Learning Algorithm: A Clinical Application of Radiology-Common Data Model (R-CDM) Data Set. In: Arai K., Kapoor S., Bhatia R. (eds) Intelligent Systems and Applications. IntelliSys 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1252. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55190-2_60
- [4]Gao Huang, Zhuang Liu, Laurens van der Maaten, Kilian Q. Weinberger; Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2017, pp. 4700-4708

3. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 의료영상기반의 요로결석 진단을 위한 자동판독시스템을 제안한다. 이를 위해 인공지능 플랫폼에서 관리하고 있는 의료영상에서 873명의 의료영상데이터를 학습시켜 0.907 정확도를 갖는 진단 알고리즘을 개발하였다. 그리고 요로결석 진단 알고리즘을 토대로 웹 기반 요로결석 자동진단 시스템을 구축하였다. 이 결과 일일 70여 명에 대한 요로결석진단을 할 수 있을 것으로 예상하고 있다. 특히, 응급환자의 경우 신속한 진단을 통해 원인 파악과 처치가 가능할 것으로 기대하고 있다.

향후 계획으로는 머신러닝 알고리즘 모듈의 최적화를 통해 클라우드 기반 Web CDSS를 구축하고, Report하기 위한 시스템을 구축할 계획이다.

사사표기

본 연구는 보건복지부의 재원으로 한국보건산업진흥원의 보건의료기술 연구개발사업(HI18C1216) 그리고 한국연구재단(NRF-2018R1D1A1B07048833) 지원에 의하여 이루어진 것임.