

영상치의학에서의 인공지능 기술 동향

한상선

연세대학교 치과대학 영상치의학교실

ORCID ID

Sang-Sun Han,  <https://orcid.org/0000-0003-1775-7862>

ABSTRACT

Trend of Artificial Intelligence technology in oral and maxillofacial radiology

Sang-Sun Han

Department of Oral and maxillofacial radiology, Yonsei University College of Dentistry

Artificial intelligence (AI) technology is widely used in our life. Likewise, AI in the field of oral and maxillofacial radiology is being studied in various fields such as detection, classification, segmentation, measurement, and image translation.

This study aimed to investigate the 1) research papers and 2) developed software based on AI in the oral and maxillofacial radiology to help dentists actively utilize the upcoming AI application.

Papers were searched through 5 major data bases until June 2021, and a total of 101 papers corresponding to dental imaging-based AI research in the oral and maxillofacial area were collected. A number of AI papers showed a sharp increase from 2017, and the most research conducted on panoramas.

The AI based dental imaging software search for the purpose of commercialization was first collected based on the list announced on October 21, 2020 by the Ministry of Food and Drug Safety of Korea and the web database search was on October 22-23, 2021. Total 23 software were searched, and the function of automatically detecting lesions in panoramic or apical images and the orthodontic diagnosis analysis function by automatically recognizing important anatomical landmarks in cephalogram were the most popular in the world.

If a clear profitability model is presented in the future and evidence for clinical effectiveness and ethical responsibility are prepared, the clinical use of AI-based application using dental images will increase. Therefore, it is thought that dentists need to take an interest in AI technology research trends and product development and actively participate.

Key words : Artificial intelligence; Oral and maxillofacial radiology; Deep learning

Corresponding Author

Sang-Sun Han, DDS, PhD, Professor

Department of oral and maxillofacial radiology, Yonsei University College of Dentistry, 50-1 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul, 03722, Korea

Tel : 02-2228-3120 / Fax : 02-363-5232 / E-mail : sshan@yuhs.ac

1. 서론

앨런 튜링 박사가 인공지능 기술의 시초라고 할 수 있는 생각하는 기계를 소개한 때는 70여년 전이지만 대중들이 인공지능 기술에 폭발적 관심을 갖게 된 계기는 2016년 구글의 알파고와 이세돌의 바둑 대국이라는 이벤트가 큰 역할을 했다. 그 이후 인공지능 기술을 사용한 많은 서비스와 제품이 실생활에 빠른 속도로 파고들고 있다.

인공지능 기술은 헬스 분야에서 역할이 기대되었는데 특히 딥러닝 알고리즘이 의료영상 분야에서 뛰어난 성능을 보여 한때는 딥러닝의 대가 제프리 힌튼 박사조차 5년내에 영상의학전문의는 사라질 것이라고 예견할 정도였다. 그러나 이러한 과장된 예측은 그동안 기술적 측면에 치우친 개발로 인해 실제 진료환경에서의 활용과 괴리가 생기는 점을 간과한 것으로 점차 전문의를 보조하는 역할로 개발 방향이 바뀌고 있는 추세이다.

특히 실제 임상환경에서 인공지능 기술이 활용되기 위해서는 인공지능 기술을 바탕으로 전문의가 최종 의사결정 역할에 충실해야 한다는 시각이 대세로 자리 잡고 있다.

의료영상의 인공지능 기술 적용은 질환의 인식(detection), 분류(Classification) 병소 또는 기관의 분리(Segmentation), 체적이나 길이의 측정(Measurement), 영상 변형이나 재구성(Image transformation, reconstruction) 등 다양한 영역에서 이루어지고 있으며 현재 치의학 영역에서도 인공지능 기술이 주로 영상기반 제품에 적용되어 개발되고 있다.

이렇게 개발된 인공지능 기반 소프트웨어 의료기기가 활발하게 사용되려면 치과 의사의 인공지능 기술에 대한 이해가 선행되어야 한다. 특히 딥러닝 기술은 결과 도출과정에 대해 “black box”라고 불릴 정도로 그 과정을 우리가 이해하기 어렵기 때문에 편향되지 않

은 데이터 수집이 중요하며 개발된 제품은 실제 사용하기 전에 체계적으로 임상 유효성을 검증하는 과정이 반드시 필요하다. 최근 black box의 성격을 보완하기 위해 판단 근거를 어느정도 예측할 수 있는 기술이 소개되고 있는데 이러한 기술에 대한 이해도 필요할 것으로 생각된다.

최근에는 적절한 임상적 검증의 중요성에 공감하고 있으며 더 나아가서 인공지능 기술 활용에 대한 윤리 및 책임 문제에 대한 논의가 진행되고 있다. 이에 본 글에서는 인공지능 기술 기반 치과 의료 영상 분야에서 학술연구 경향을 조사하고, 개발된 인공지능 기반 치과 분야 어플리케이션을 소개하여, 치과 의사들이 곧 다가올 인공지능 기술을 진단과 분석에 적극적으로 활용할 수 있도록 도움을 주고자 한다.

2. 본론

본 글은 영상치의학 분야에서 인공지능 기술을 적용하여 수행된 1) 연구 논문 검색과 2) 상업적 목적으로 개발되거나 개발중인 의료기기 소프트웨어 검색을 통해 분석하였다.

1) 영상치의학 분야 인공지능 기반 학술논문 분석

발표된 논문 검색은 2021년 6월까지의 PubMed, Embase, Cochrane Library, and IEEE Xplore을 통해 이루어졌다. 세계의 군으로 키워드를 분류하였고 EndNote X9 소프트웨어를 이용하여 제목과 초록을 스크리닝 하여 구강악안면 영역에서 치과 의료 영상기반 인공지능 연구에 해당하는 논문을 수집하였다.

검색된 출판 논문은 총 101건으로 2017년부터 급격하게 증가하는 추세를 확인하였다. 영상의 종류는 Scan data와 photo data 그 밖의 융합 데이터가 연

임상가를 위한 특집 1

구대상에 포함되어 있으나 대부분 X ray 영상기반 연구로 파악되었다(Figure 1). X ray 영상의 종류 중에서도 파노라마를 대상으로 진행된 인공지능 연구가 가장 많았으며 그 뒤로 콘빔시티 영상과 두부규격방사선 영상의 순이었고 파노라마와 구내촬영 영상, 파노라마와 콘빔시티 등 두개 이상의 영상을 같이 활용한 연구도 소개되었다(Figure 2).

방사선 피폭량을 고려하여 가장 많이 사용되는 영상종류는 구내촬영영상이지만 동일한 해부학적 구조물이라 하더라도 촬영자에 따라 촬영 각도와 영상의 질에서 편차가 크기 때문에 비교적 일정한 데이터 확보가 가능한 파노라마 영상의 활용이 가장 많은 것으로 보인다. 치과의료 영상기반으로 연구된 주제는 진단 목적과 해부학적 구조물의 인식이 가장 많았으며

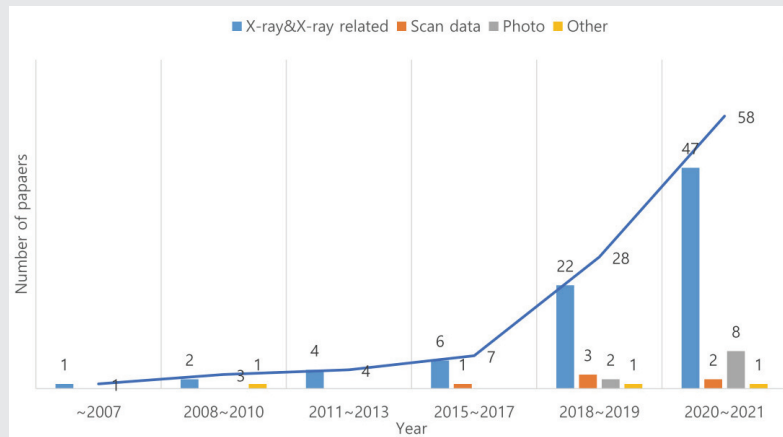


Figure 1. Annual trend of research based on AI according to dental imaging data source.

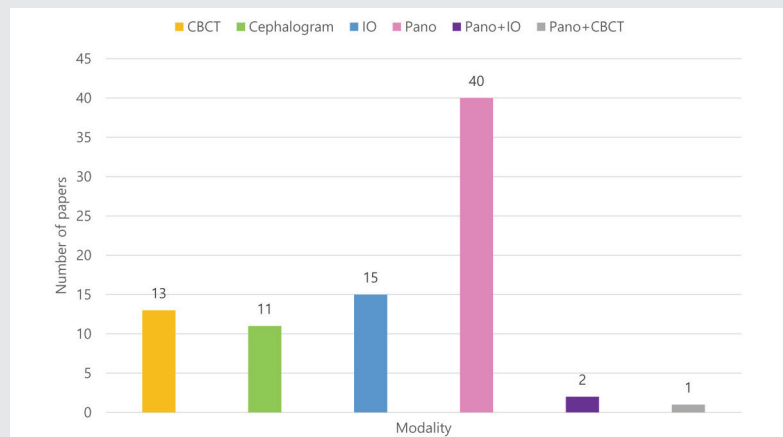


Figure 2. Published paper focused on AI according to X ray modality

Figure 3, 4의 두부규격방사선영상에서 자동으로 해부학적 랜드마크를 인식하는 연구와 파노라마 영상에서 정중과잉치를 자동으로 인식하는 연구가 이에 포함된다. 이밖에 교정치료 시뮬레이션이나 근관치료에 적용하여 임상적 활용을 탐색하려는 시도도 파악되었다. 또한 최근에는 딥러닝의 black box의 특징을 보완하기 위해 판단의 근거가 된 영역을 색깔로 나타내주는 알고리즘을 적용한 연구도 발표되었다 (Figure 5).

2) 치과의료영상 기반 인공지능 소프트웨어 분석

실제 진료환경에서 상용화를 목적으로 개발된 치과 영역의 인공지능 기반 소프트웨어에 대한 정보는 식품의약품안전처 (이하 식약처)에서 2020년 10월 21일에 발표된 인공지능기반 의료기기 제품 목록을 기준으로 1차 수집하였고, 웹 데이터베이스 기반의 검색은 2021년 10월 22-23일 표 1의 키워드를 조합하여 수행되었다(Table1).

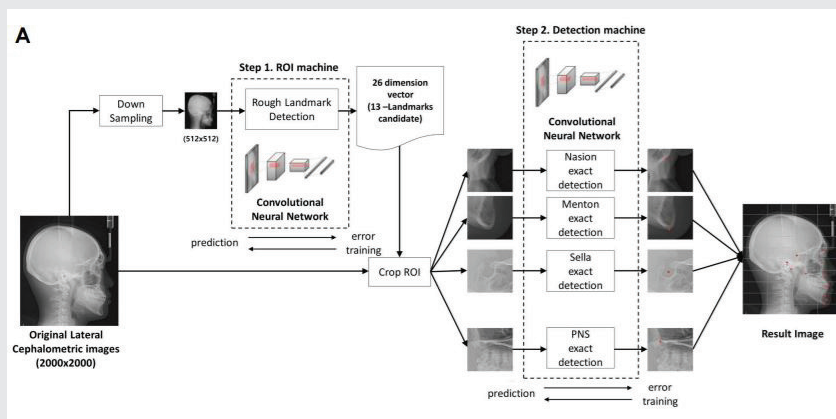


Figure 3. A fully deep learning model for the automatic identification of cephalometric landmark (출처: Kim YH et al. ISD 2021)

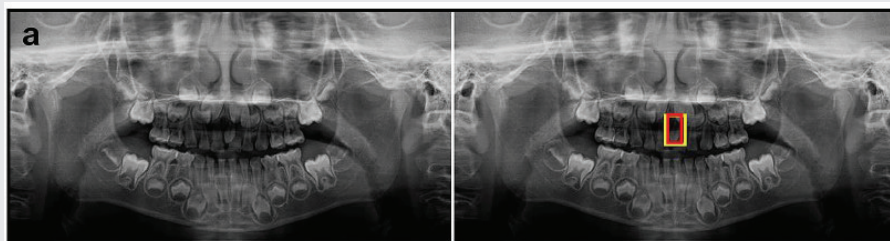


Figure 4. Automatic detection of mesiodens on panoramic radiographs using artificial intelligence (출처:Ha EG et al. scientific reports 2021)

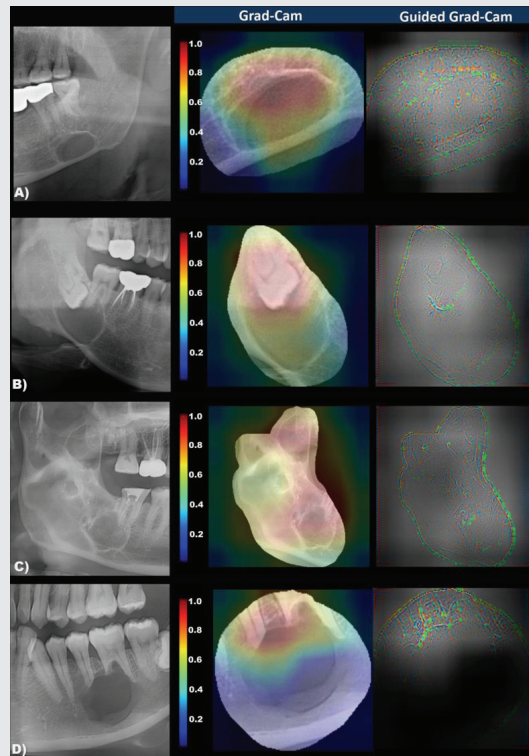


Figure 5. Classification of mandibular radiolucent lesions using deep learning and Grad cam. A) Stafne's bone cavity B) dentigerous cyst C) odontogenic keratocyst D) ameloblastoma (출처: Lee C et al. Plos one 2021)

Table 1. 치과진료 영역 인공지능 기반 어플리케이션 정보 검색 키워드

주제	키워드 (한영 키워드 모두 검색)
분야	Dental, dentistry, medical, radiology, 의료기기 등..
기술	Artificial intelligence, deep learning, machine learning, automatic, software, medical device 등..
기타	식약처, FDA, dental caries, automated charting 등..

상용화를 목적으로 개발된 치과의료영상 기반 인공지능 소프트웨어는 총 23개로 검색되었으며 인공지능 기반 기술의 내용에 따라 6 군으로 나누어 정리하였다 (Table 2). 앞서 소개한 학술 논문은 다소 실험적인 측면이 포함되어 다양한 주제가 소개된 반면 개발된 소프트웨어는 치과영상기반 즉 파노라마 혹은 치근단 영

상에서 병소를 자동으로 검출하는 기능과 두부규격방사선 사진에서 중요한 해부학적 랜드마크를 자동으로 인식해서 교정진단에 필요한 분석 기능이 세계적으로 많이 개발되었다. 특히 두부규격방사선 사진이 촬영 포지션과 확대율이 일정하여 중첩된 상에서도 비교적 쉽게 학습시킬 수 있으며, 분석의 자동화에 대한 수요

가 존재했기 때문에 개발 제품이 많은 것으로 추정된다. 또한 개발된 치과영상기반 자동진단이 아직 수익 모델로 자리잡은 경우가 많지 않은 것에 비해 교정적 분석 기능은 진단 보조를 통해 투명 교정장치 등의 제작으로 연결하여 비즈니스 모델이 어느정도 형성된 것도 그 이유 중 하나로 생각된다.

치의학 분야뿐 아니라 전반적인 헬스케어 제품에 관

심있는 독자들이 어느 분야에서 인공지능 제품이 개발되고 있는지에 대해 더 많은 내용을 확인할 수 있도록 식약처 허가받은 전체 인공지능 기반 의료소프트웨어 제품을 목적에 따라 분류하여 소개하였다(Table 3). 치과의료 제품은 두부규격방사선 또는 파노라마 영상기반으로 4건이지만 신청 대기중인 제품이 다수 있으므로 점차 그 수가 늘어날 것으로 생각된다.

Table 2. 치과진료 영역 어플리케이션의 인공지능 기반 기능 분석 (개발 진행 중 또는 클라우드 기반 어플리케이션 포함)

구분	기능 설명	수(number)
해부학적 랜드마크 자동 표시 및 분할	교정 치료 시 필요한 해부학적 랜드마크 자동 주석, 치아 자동 분할	10
자동 병소 검출	치아우식, 치주염, 매복치, 가성낭 등 자동으로 병소 검출	10
자동 차팅	이전 치료내역 포함 자동 차팅	6
교정 시뮬레이션 및 성장 단계 모니터링	교정 전/후 시뮬레이션	5
자동 보철물 디자인	이상적인 3D 수복물 자동 디자인 및 마진 표시, 환자 맞춤 스마일 라인 디자인	4
보험 사기 예방 분석	보험사기 의심 케이스 자동 체크를 통한 보험사기 예방	1

Table 3. 인공지능 의료기기 품목별 허가, 인증 현황

연번	품목명(등급)	계	제조	수입
	계	64	59	5
1	치과용영상전송장치소프트웨어(2)	2	2	-
2	의료영상분석장치소프트웨어(2) (치과의료 영상 기반 소프트웨어)	30 (2)	30 (2)	-
3	의료영상검출보조소프트웨어(2)	12	12	-
4	의료영상전송장치소프트웨어(2)	4	4	-
5	의료영상획득장치(2)	2	2	-
6	의료영상진단보조소프트웨어(3)	6	5	1
7	홀터심전계(2)	1	-	1
8	체외진단용소프트웨어(3)	1	1	-
9	초음파방광용적측정기(2)	1	-	1
10	범용초음파영상진단장치(2)	2	-	2
11	뇌파분석소프트웨어(2)	1	1	-
12	2등급의료영상검출 · 진단보조소프트웨어(2)	1	1	-
13	뇌영상 검출 · 진단보조소프트웨어(2)	1	1	-

자료: 의료기기허가보고서, 식품의약품안전처(2020)



Figure 6. Vuno Med-BoneAge (출처: 뷰노)

전반적으로 의료영상기반 제품이 대부분이며 이중 제 1호 식약처 허가 제품인 핸드리스트 X ray 영상에서의 골연령 예측 소프트웨어를 포함해서 몇몇 제품은 FDA 승인을 받았다(Figure 6).

3. 고찰

현재 인공지능 기반 의료소프트웨어의 개발의 가장 큰 장벽은 비즈니스 모델의 확립 즉 수익성 여부이다. 점차 나아지고 있지만 우리나라뿐 아니라 미국의 유명 인공지능 기반 헬스케어 회사도 아직까지 매출은 기대치보다 낮은 상황이다. 인공지능 어플리케이션의 수익성은 혁신적인 제품을 사용하는데 드는 추가비용을 환자가 부담한다면 전문가가 진단하거나 치료하는 경우보다 우수한 결과를 담보해야 할 것이고, 치과원장이 부담한다면 획기적으로 인력비용이 줄거나, 의료진이 하기 귀찮은 일을 효과적으로 해내는 정도는 되어

야 비용을 지불할 의향이 생길 것이다.

최근 미국은 신기술추가지불 보상제도(NTAP, New Technology Add-on Payment)를 통해 정부의 지원으로 추가보상을 인정받게 되어 인공지능 헬스케어 프로그램 (HeartFlow FFRCT, Viz ContaCT)의 수익성 모델의 물꼬가 트였다. 유럽에서도 개발된 제품의 사용을 독려하기 위한 정부차원의 방안을 마련하고자 시도하고 있다. 국내는 병리학 분야 AI 기반 인공지능 기술에서 급여화 여부에 대해 고려한 바가 있으나 아직까지 결론을 내지 못하였다.

인공지능 기술기반 헬스케어 제품에 대한 혁신성의 추가보상의 정부지원은 제품의 안전성과유효성, 책임과 윤리에 대한 명확한 근거가 마련되고 법제화가 충분히 마련된 후에 시행되어야 할 것이다. 치과분야 인공지능 소프트웨어 개발이 활발하게 진행되고 있으므로, 우리 치과의사들이 관심을 가지고 지켜보고 더 나아가서 환자 중심의 제품개발이 진행될 수 있도록 적극적으로 참여해야 할 영역으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Turing AM. Computing machinery and intelligence: Parsing the turing test: Springer; 2009: 23-65.
2. 박성호. 의료인공지능: 인공지능 초심자를 위한 길라잡이. Journal of the Korean Society of Radiology. 2018; 78: 301-8.
3. Geoff Hinton: On Radiology. YouTube 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=2HMPRXstSvQ> (accessed February 4, 2022).
4. Amisha PM, Pathania M, Rathaur VK. Overview of artificial intelligence in medicine. Journal of family medicine and primary care. 2019; 8: 2328.
5. McGovern A, Lagerquist R, Gagne DJ, Jergensen GE, Elmore KL, Homeyer CR, Smith T. Making the black box more transparent: Understanding the physical implications of machine learning. Bulletin of the American Meteorological Society. 2019; 100: 2175-99.
6. Kim YH, Lee C, Ha E-G, Choi YJ, Han S-S. A fully deep learning model for the automatic identification of cephalometric landmarks. Imaging Science in Dentistry. 2021; 51: 299.
7. Lee A, Kim MS, Han S-S, Park P, Lee C, Yun JP. Deep learning neural networks to differentiate Stafne's bone cavity from pathological radiolucent lesions of the mandible in heterogeneous panoramic radiography. Plos one. 2021; 16: e0254997.
8. Ha E-G, Jeon KJ, Kim YH, Kim JY, Han S-S. Automatic detection of mesiodens on panoramic radiographs using artificial intelligence. Scientific reports. 2021; 11:23061.
9. 한국보건산업진흥원, 보건산업브리프 Vol.328 혁신성에 근거한 디지털헬스케어의 가치 평가 필요성, 2021-07-22.
10. 식품의약품안전처 보도자료, 식약처, 다가올 의료 인공지능(AI) 미래를 준비한다, 2020.10.21.