

# 삼킴장애 분석을 위한 멀티프레임 의료영상 라벨링 웹 애플리케이션 구현

임동욱<sup>1</sup>, 이충섭<sup>1</sup>, 노시형<sup>1</sup>, 박철<sup>2</sup>, 김민수<sup>3</sup>, 문희경<sup>4</sup>, 정창원<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup>원광대학교 의료융합연구센터,

<sup>2</sup>원광대학교병원 호흡기내과,

<sup>3</sup>순천향대학교 의과대학 재생의학교실,

<sup>4</sup>원광대학교 교육혁신원

<sup>5</sup>원광대학교병원 의생명연구원 중점연구센터

e-mail : {cslee99, dwl316, nosij123}@wku.ac.kr, cholsak21@wkuh.org,  
helmaine@naver.com, ybnjcw@wku.ac.kr, medilbue@wku.ac.kr

## Implementation of Multi-frame Medical Image Labeling Web Application for Swallowing Disorder Analysis

Dong-Wook Lim<sup>1</sup>, Chung-sub Lee<sup>1</sup>, Si-Hyeong Noh<sup>1</sup>, Chul Park<sup>2</sup>,  
Min Su Kim<sup>3</sup>, Hee-Kyung Moon<sup>4</sup>, Chang-Won Jeong<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup>Medical Convergence Research Center, Wonkwang University,

<sup>2</sup>Division of Pulmonary Medicine, Department of Internal Medicine,  
Wonkwang University Hospital

<sup>3</sup>Department of Regenerative Medicine, Soonchunhyang University College  
of Medicine,

<sup>4</sup>Institute for Educational Innovation, Wonkwang University

<sup>5</sup>Central Research Center of Biomedical Research Institute of Wonkwang  
University Hospital

### 요 약

삼킴장애는 음식물이 입에서 식도로 가지않고 걸리거나 기도(Trachea)로 흡입되는 문제를 갖는 상태이다. 특히 노인이나 신경계 질환을 앓는 환자의 경우 기도로 흡입된 음식덩이가 폐렴을 일으키고 결국에는 사망으로 이어지기에 적절한 치료와 관리가 요구된다. 보통 영상으로 판단할 수 있는 삼킴 단계는 구강준비단계(Oral Preparatory Phase), 구강단계(Oral Phase), 인두단계(Pharyngeal Phase), 식도단계(Esophageal Phase) 4가지로 분류하고 삼킴장애는 침습(Penetration)과 흡인(Aspiration)으로 크게 2가지로 분류한다. 본 논문에서는 이러한 6가지 클래스를 가지는 삼킴장애 환자 비디오 파일을 라벨링하기 위한 웹 애플리케이션을 제안한다. 이를 구현하기 위해서 대용량 멀티프레임 이미지를 수신해서 분리하여 저장하도록 개발하였다. 또한 음식덩이를 정교하게 분할할 수 있도록 GrabCut 알고리즘을 적용하여 라벨링할 수 있도록 하였다. 차후 라벨러와 전문의 간의 협업이 가능하도록 라벨링 데이터의 상태를 관리할 수 있도록 개발하고자 한다.

### 1. 서론

연하곤란 또는 삼킴장애는 음식물이 구강에서 식도로 넘어가는 과정에 문제가 생겨 음식을 원활하게 섭취하지 못하는 증상을 의미한다. 모든 연령층에서 발생할 수 있는데 특히 고령층에서 많이 발생하는 장애이며, 이러한 장애로 인한 다양한 건강상의 문제가 발생한다. 삼킴 단계는 크게 4단계로 구분할 수 있다. 1단계는 구강준비단계, 2단계는 구강단계, 3단계는 인두단계, 4단계는 식도단계로 나눌 수 있다[1,2]. 삼킴장애는 모든 단계에서 하나 또는 중복된 장애로 나타나는 결과이다. 특히, 음식덩이를 삼키는 초기단계에서는 크게 문제가 되지 않지만 삼킴이 일어나는 인두단계에서는 음식덩이가 기도로 넘어가지 않도록 후두덮개(Epiglottis)가 기도 입구를 막아주고 식도로 자연스럽게 넘어갈 수 있도록 하는

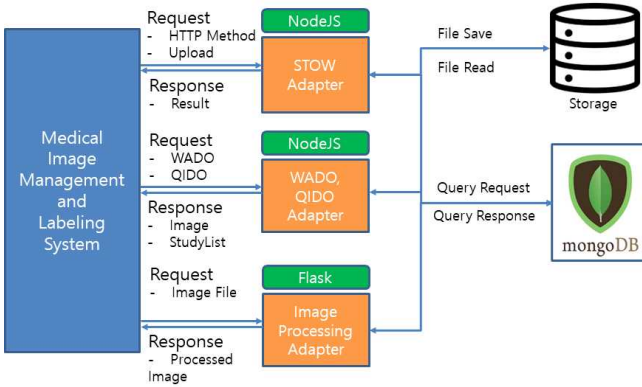
과정을 무의식적으로 할 수 있다[3,4]. 그러나 구강 인두 장애나 신경 근육계 질환을 가진 환자들은 이 과정이 자연스럽게 이루어지지 않아서 기도를 지나 폐로 유입되어 폐렴 또는 폐혈증 등의 심각한 합병증을 유발하고 결국에는 사망의 원인이 되기도 한다. 삼킴장애는 두가지 케이스로 나눌 수 있다. 성대(Vocal Folds)를 통과하지 않지만 성대 주위에 머무는 침습과 먹은 음식물이 식도(Esophageal)로 가지않고 기도로 들어가서 성대 아래까지 내려가는 현상을 흡인이라고 구분한다. 우리는 이러한 삼킴장애를 앓고 있는 환자의 의료영상을 기반으로 임상현장에서 빠르게 적용시킬 수 있는 인공지능 모델을 개발하고자 한다. 이를 위해서 삼킴장애에 해당하는 침습 또는 흡인 증상을 검출하기 위한 비디오 투시원 하검사를 통해 얻어진 비디오 파일에서 음식덩이의

검출을 위해 라벨링 데이터를 생성하고 관리하기 위한 웹 애플리케이션을 제시하고자 한다.

## 2. 라벨링 웹 애플리케이션

### 2-1. 라벨링 웹 애플리케이션 구조

본 논문에서는 멀티프레임 의료영상 라벨링 웹 애플리케이션을 제안한다. (그림 1)은 전체 시스템 구조를 보인다.



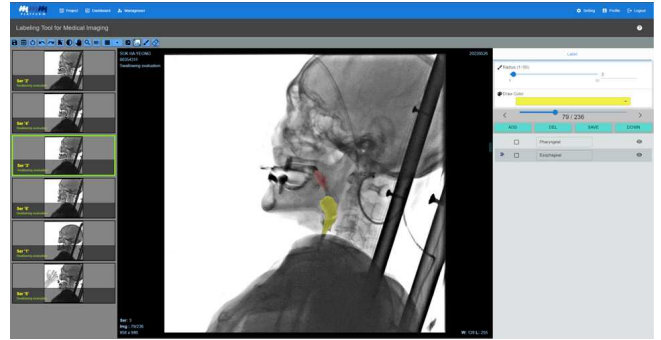
(그림 1) 의료영상 라벨링 웹 애플리케이션의 전체 시스템 구조

제안한 라벨링 웹 애플리케이션은 삼킴 검사 영상을 관리하고 파일 핸들링을 담당한다. 검사 영상은 삼킴에 대한 입안부터 위까지의 모든 이동 경로를 파악하기 위해서 멀티프레임 형식으로 지원한다. 멀티프레임 영상은 기존 CT나 MR 영상의 싱글이미지에 비하여 체내에서 이동하는 200~300장의 다수의 이미지를 포함하고 있어 파일 용량이 500MB~1.5GB 까지 대용량의 데이터 형식을 갖고 있다. 파일을 업로드하면 Node 서버에서 STOW 서비스(STore Over the Web by REpresentations State Transfer (REST) Services (STOW-RS))로 원본 영상을 스토리지에 저장하고 라벨링을 위해서 멀티프레임을 프레임 별로 분리하여 이미지로 변환하여 저장한다. 그리고 추후 인공지능 모델을 사용하여 동영상 예측을 위해서 avi 파일로 변환하여 저장하도록 처리하였다. 의료영상 라벨링 웹 애플리케이션에서 라벨링을 위한 Brush 사용 등 이미지 프로세싱 작업을 요청할 경우 Flask 마이크로 웹 프레임워크에서 Python 패키지를 사용하여 처리한다.

### 2-2. 라벨링 웹 애플리케이션 전체 UI

본 논문에서 제안하고 있는 의료영상 라벨링 웹 애플리케이션의 전체 UI는 (그림 2)와 같다. 라벨링 툴에서는 뷰어를 통해 확인하면서 진행한다. 현재 로딩된 이미지는 멀티프레임 이미지를 라벨링하기

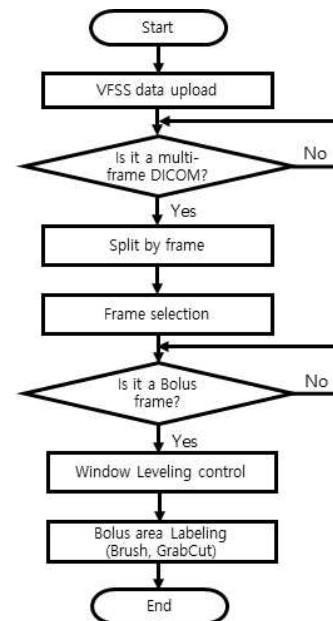
위해서 프레임별로 나누어진 전체 이미지를 로딩하여 음식덩이가 인두단계에서 에서 식도단계에 이르기까지 음식덩이의 라벨링 결과를 보이고 있다.



(그림 2) 의료영상 라벨링 웹 애플리케이션 전체 UI

## 3. 삼킴장애의 레이블링

삼킴의 4단계는 (1) 구강준비단계는 필요한 경우 음식을 씹거나 입 안에서 삼킬 수 있는 농도와 형태를 만드는 단계 (2) 구강단계는 혀가 음식을 뒤로 밀어 넘겨 인두삼킴이 유발되기까지의 단계 (3) 인두단계는 인두삼킴이 유발되고 음식덩이가 인두 안으로 넘어가는 단계 (4) 식도단계는 식도의 연동운동으로 음식덩이가 식도를 통하여 위장으로 옮겨지는 단계로 구성된다. 본 연구에서 침습과 흡인은 인두단계에서 주로 발생한다. 삼킴의 과정이 1초미만으로 매우 짧기 때문에 정확하게 진단하기 어려움을 갖고 있다. 먼저 우리는 이러한 삼킴장애에 관련된 CASE에서 음식덩이에 중점을 두어 라벨링하고자 한다. (그림 3)은 라벨링 전체 과정을 보인다.



(그림 3) 삼킴장애 의료영상 라벨링 과정

파일을 업로드하면 서버에서는 멀티프레임 이미지를

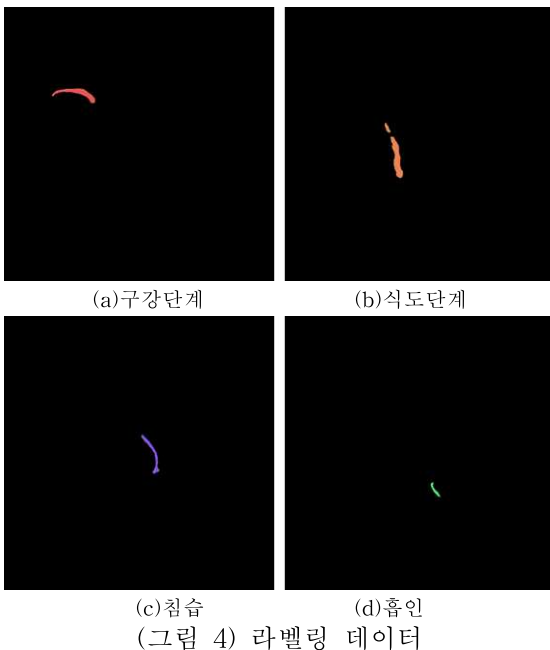
확인하고 프레임(946\*958) 단위로 저장한다. 각 이미지를 스크롤바 또는 좌우이동 버튼을 눌러 라벨링을 위한 ROI 영역으로 이동한다. 음식덩이가 관찰되는 이미지로 이동하여 음식덩이가 잘 보일 수 있도록 윈도잉을 조절한다. 그리고 음식덩이를 Brush로 픽셀단위로 그려서 라벨링한다. 하지만 음식덩이를 픽셀단위로 수동으로 라벨링하는 것은 정확하지 않기 때문에 GrabCut을 사용할 수 있도록 개발하였다. 이를 기반으로 식도 부분에서 음식덩이를 라벨링한다.

인공지능 모델을 개발하기 위한 영상데이터는 <표 1>과 같이 데이터를 수집하였다.

<표 1> 라벨링 데이터셋 현황

관독 상태		Study	Image
Verified	1 : Aspiration	39	156
	2 : Penetration	96	384
	3 : Normal	11	44
Total		146	584
In Progress		2,379	6,688

데이터는 Study별로 전문의에 의해서 관독이 완료된 환자는 엑셀에 1: Aspiration, 2: Penetration, 3: Normal로 환자 검사결과를 토대로 구분하였다.



현재까지 관독 완료된 데이터는 Study 146건(Image 584장)이고 진행 중인 건은 Study 2,379건(Image 6,688장)이 있다. 삼킴 검사 데이터는 멀티프레임 영상으로 다수의 라벨링 이미지를 확보할 수 있기 때문에 관독 완료된 Study만으로도 인공지능 학습 데이터로 충분하지만 많은 학습데이터를 생성할 예정

이다. (그림 4)는 관독이 완료된 환자의 영상을 이용하여 인공지능 학습을 위한 라벨링 데이터이다.

4. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 삼킴장애 라벨링을 위한 웹 애플리케이션에 대해 기술하였다. 개발된 애플리케이션을 이용하여 대용량 멀티프레임 삼킴장애 검사 데이터를 관리하며 프레임 단위로 분리하여 라벨링 할 수 있도록 하였다. 이를 위해 GrabCut 알고리즘을 사용하여 음식덩이를 분할하여 라벨링 하였다.

향후 연구 내용으로는 라벨링된 학습데이터를 기반으로 삼킴장애를 진단할 수 있는 인공지능 모델을 개발할 계획이다. 또한 라벨링 데이터에 대한 전문의가 검증 기능과 라벨링 상태를 관리할 수 있는 기능을 추가할 예정이다.

사사표기

본 연구는 보건복지부의 재원으로 한국보건산업진흥원의 보건의료기술 연구개발사업(HI22C0787) 그리고 과학정보통신부의 재원으로 한국연구재단(2021R1A5A8029876) 지원에 의하여 이루어진 것임.

참고문헌

[1] Stevenson RD, Allaire JH. The development of normal feeding and swallowing. *Pediatr Clin North Am.* 1991 Dec;38(6):1439-53. doi: 10.1016/s0031-3955(16)38229-3. PMID: 1945550.

[2] Logemann J. 1983. Anatomy and physiology of normal deglutition. In: J Logemann, editor. *Evaluation and treatment of swallowing disorders.* San Diego: College Hill Press. p 9 - 36.

[3] Yoshida M, Miura Y, Okada S, Yamada M, Kagaya H, Saitoh E, Kamakura Y, Okawa Y, Matsuyama Y, Sanada H. Effectiveness of Swallowing Care on Safe Oral Intake Using Ultrasound-Based Observation of Residues in the Epiglottis Valley: A Pragmatic, Quasi-Experimental Study. *Healthcare.* 2020; 8(1):50. <https://doi.org/10.3390/healthcare8010050>

[4] Re GL, Vernuccio F, Di Vittorio ML, Scopelliti L, Di Piazza A, Terranova MC, Picone D, Tudisca C, Salerno S. Swallowing evaluation with videofluoroscopy in the paediatric population. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 2019 Oct;39(5):279-288. doi: 10.14639/0392-100X-1942. Epub 2019 Mar 25. PMID: 30933173; PMCID: PMC6843585.