

# 초음파 영상에서의 소아 신장 용적 측정을 위한 딥러닝 기반의 분할 방법

이세나<sup>1\*</sup>, 서경덕<sup>1</sup>, 이예린<sup>1</sup>, 강현영<sup>1</sup>, 김동욱<sup>1</sup>, 안홍기<sup>2</sup>, 김지홍<sup>3\*</sup>, 양세정<sup>1\*</sup>

연세대학교 의공학과<sup>1</sup>

오스템 임플란트<sup>2</sup>

강남세브란스병원 소아과<sup>3</sup>

## Deep learning-based segmentation method for kidney volume measurement in ultrasound images

Sena Lee<sup>1\*</sup>, Kyungdeok Seo<sup>1</sup>, Yerin Lee<sup>1</sup>, Hyeonyoung Kang<sup>1</sup>, Dongwook Kim<sup>1</sup>, Honggi An<sup>2</sup>, Jihong Kim<sup>3\*</sup>, Sejung Yang<sup>1\*</sup>

Department of Biomedical Engineering, Yonsei University, Wonju, 26493, Republic of Korea<sup>1</sup>

OSSTEM IMPLANT Co., Ltd., 07789, Republic of Korea<sup>2</sup>

Department of Pediatrics, Gangnam Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul 06273, Korea<sup>3</sup>

bluesky9707@yonsei.ac.kr · \* kkkjhd@yuhs.ac.kr, \*syang@yonsei.ac.kr

### Abstract

The size of the kidney has been used as a good indicator to determine the presence of kidney disease and to check the kidney function. Recently, studies on the possibility that kidney diseases such as high blood pressure and kidney failure may occur depending on the size of a child's kidney are being actively researched. Measurement of the child's kidney size and evaluation of kidney growth through imaging tests provide very important information for the evaluation of children's kidney disease. In predicting kidney parenchymal volume and kidney function, we intend to measure the kidney volume and use it as a better index rather than simply using the length index of the kidney. Therefore, this study aims to develop a deep learning-based kidney segmentation method for measuring kidney volume in children from ultrasound images. We trained using deep learning-based SegFormer model, and Recall, Precision, and F1-Score were used to evaluate the segmentation ability of the proposed model. The performance of the proposed partitioning model was more than 90% on average. In conclusion, we developed an algorithm with more accurate kidney segmentation accuracy to measure kidney volume in ultrasound images.

### 1. 연구 배경

신장(kidney)의 크기는 신장 질환의 여부를 판단하고 신장 기능을 확인하는데 있어 좋은 지표로 이용되어 왔다. 최근 소아의 신장 크기에 따라 고혈압, 신부전과 같은 신장 질환이 발생할 수 있다는 것에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 영상검사를 통해 소아의 신장 크기의 측정과 신장 성장의 평가는 소아 신장 질환 평가에 매우 중요한 정보를 제공한다. 신장 실질 용적과 신장 기능에 대해 예측하는데 있어서 단순히 신장의 길이 지표 뿐만 아니라 신장 용적을 측정하여 좀 더 나은 지표로 사용된다[2].

신장 용적 측정을 시도한 이전의 연구[3]에서는 영상 분할(image segmentation)에서 수동 보정 프로세스가 필요하다는 단점이 있었고, 따라서 영상 분할 작업에 노동 집약적이며 시간이 많이 걸린다. 뿐만 아니라 관찰자 간의 분할 수행 변동성이 매우 높았기 때문에 보다 정확한 분할 방법 연구가 필요했다. 이러한 이유로 최근에는 딥러닝 기반의 영상 분할 모델은 자동 분할 프로세스의 정확도를 높일 수 있는 방법으로 사용되었다[4, 5].

따라서 본 연구는 초음파 영상에서 소아의 신장 용적 측정을 위한 딥러닝 기반의 신장 분할 방법을 개발하는 것을 목표로 한다. 우리는 초음파 영상에서 신장 용적을 측정하기 위해 딥러닝 기반의 SegFormer(Simple and Efficient Design for Semantic Segmentation with Transformers) 모델을 이용하여 보다 정확한 신장 분할 정확도를 갖는 알고리즘을 제시한다[6].

### 2. 연구 방법

본 연구에서 사용된 초음파 영상은 141명의 피험자의 신장

초음파(Ultrasound, US)영상을 사용했다[2]. 데이터셋은 그림 1과 같이 신장 분할 데이터 세트는 횡 단면 및 관상 단면의 왼쪽 및 오른쪽 신장 영상으로 구성되어 있다.

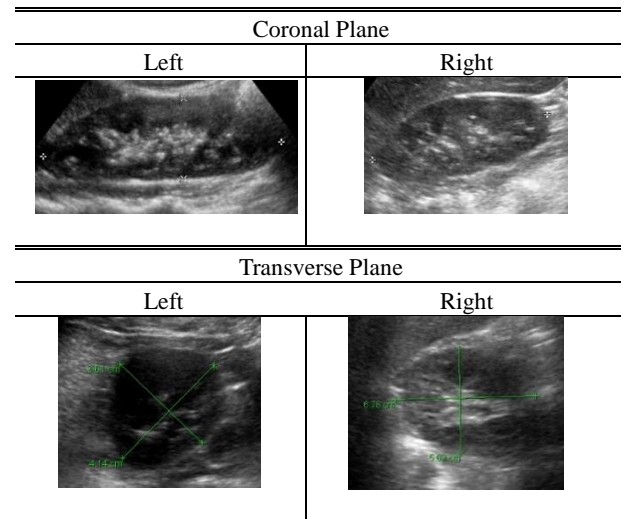


그림 1. 관상 단면(Coronal Plane) 및 횡 단면(Transverse Plane)신장의 초음파 영상.

학습(train) 6,378장, 확인(validation) 120장, 평가(test) 120장으로 구성되었다. 관상 단면 및 횡 단면 신장 초음파 영상 모두 혼합하여 학습 및 평가를 진행했다.

안정적으로 딥러닝 모델을 학습시키기 위해 초음파 영상의 수를 늘리는 데이터 증강(data augmentation) 기법 중 박막

스플라인(Thin Plate Spline, TPS) 기법을 사용하여 이미지 비선형 Warping 변환을 수행했다.

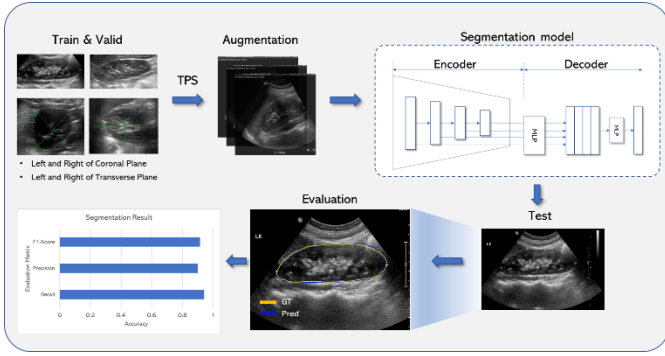


그림 2. 신장 분할 알고리즘.

초음파 영상 분할을 위해 사용된 딥러닝 네트워크는 최근 efficiency, accuracy, robustness를 모두 향상시킨 SegFormer 모델을 이용했다. 딥러닝 모델의 encoder와 decoder 모두에 transformer를 사용한 모델로 영상 분할 분야에서 SOTA(state-of-the-art)를 차지하고 있는 모델이다.

모델에 대한 하이퍼파라미터(hyperparameter)는 다음과 같다. 옵티마이저(Optimizer)는 Adam을 사용했고, 학습률(learning rate)은 0.001, 에폭(epoch)은 500, 배치 사이즈(batch size)는 32로 설정하여 학습을 진행하였다.

본 연구에서 제안된 초음파 영상 분할 알고리즘을 평가하기 위해 영상 분할 분야에서 평가지표로 많이 사용되고 있는 재현율(Recall), 정밀도(Precision), F1 점수(F1-Score)를 사용했다. 각각의 평가 지표는 아래의 수식과 같다.  $R_{pred}$ 는 초음파 영상 분할 모델에서 예측한 신장 분할 영상,  $R_{GT}$ 는 정답(ground truth) 영상을 의미한다.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{R_{GT} \cap R_{pred}}{|R_{GT}|} \quad (1)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} = \frac{R_{GT} \cap R_{pred}}{|R_{pred}|} \quad (2)$$

$$F1 - Score = \frac{1}{\frac{1}{Recall} + \frac{1}{Precision}} = 2 \times \frac{Recall \times Precision}{Recall + Precision} \quad (3)$$

### 3. 연구 결과

횡 단면 및 관상 단면 초음파 신장 영상에 대한 딥러닝 기반의 분할 모델에 대한 정량적인 평가 결과는 표1에 나와있다.

Coronal Plane & Transverse Plane			
	Recall	Precision	F1 Score
Test	0.9422	0.9009	0.9163

표 1. 관상 단면 횡 단면 신장의 초음파 영상에 대한 분할 평가 결과.

신장 분할 결과 3개의 평가 지표에서 모두 90% 이상의 분할 정확도를 보였다. 그림 3에서 훈련된 모델은 횡 단면 영상보다 관상 단면 영상에서 좀 더 나은 결과를 보였다. 그림 3와 같이 정성적으로 평가한 소아 신장 분할 결과에서 노란색 선은 정답(ground truth) 신장 영역의 경계선, 파란색 선은 딥러닝 모델이 예측한 신장 영역의 경계선을 나타낸다.

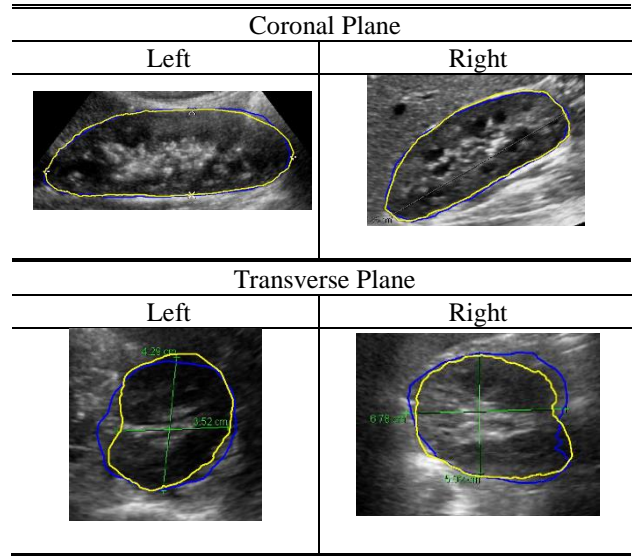


그림 3. 관상 단면(Coronal Plane) 및 횡 단면(Transverse Plane)신장의 초음파 영상에서 신장 분할의 결과.

본 연구에서는 초음파 영상에서 소아의 신장 용적 측정을 위한 딥러닝 기반의 신장 분할 방법을 개발하고자 했다. 본 연구에서는 두 종류의 단면 영상을 혼합해서 학습을 시켰고, 신장 분할 평가 결과 3가지의 평가 지표에 대해서 모두 90% 이상의 정확도를 얻었다. 따라서 본 연구에서 제안한 신장 분할 알고리즘을 통해 초음파 영상에서 소아의 신장 용적 측정을 수행하는데 있어서 좀 더 정밀하고 자동화할 수 있는 방법을 제안했다.

### 4. Acknowledgements

이 연구는 한국연구재단의 4단계 두뇌한국21 사업(4단계 BK21 사업) 및 National Research Foundation of Korea (NRF) 과제의 지원을 받아 수행하였음. (II21SS7606007 and 2019R1F1A1058971)

### 5.참고 문헌

- [1] Mohtasib RS, Alshamiri KM, Jobeir AA, Saidi FMA, Masawi AM, Alabdulaziz LS, Hussain FZB: Sonographic measurements for kidney length in normal Saudi children: correlation with other body parameters. *Annals of Saudi Medicine* 2019, 39(3):143-154.
- [2] Kim D-W, Ahn H-G, Kim J, Yoon C-S, Kim J-H, Yang S: Advanced Kidney Volume Measurement Method Using Ultrasonography with Artificial Intelligence-Based Hybrid Learning in Children. *Sensors* 2021, 21(20):6846.
- [3] Benjamin A, Chen M, Li Q, Chen L, Dong Y, Carrascal CA, Xie H, Samir AE, Anthony BW: Renal volume estimation using freehand ultrasound scans: an ex vivo demonstration. *Ultrasound in Medicine & Biology* 2020, 46(7):1769-1782.
- [4] Yin S, Peng Q, Li H, Zhang Z, You X, Fischer K, Furth SL, Tasian GE, Fan Y: Automatic kidney segmentation in ultrasound images using subsequent boundary distance regression and pixelwise classification networks. *Medical image analysis* 2020, 60:101602.
- [5] Torres HR, Queiros S, Morais P, Oliveira B, Fonseca JC, Vilaca JL: Kidney segmentation in ultrasound, magnetic resonance and computed tomography images: A systematic review. *Computer methods and programs in biomedicine* 2018, 157:49-67.
- [6] Xie, E., et al., SegFormer: Simple and efficient design for semantic segmentation with transformers. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2021. 34.