

# 골단판 수에 따른 뼈 나이 측정 결과의 정확성 분석

권재성, 김형준, 이종민, 김희을  
한양대학교 전자통신컴퓨터공학과

e-mail : jskwon@vision.hanyang.ac.kr, wykim@hanyang.ac.kr

## Accuracy Analysis of Bone Age Assessment by the Number of Epiphyseal Plates

Jae-Sung Kwon, Hyoung-Joon Kim, Jong-Min Lee, and Whoi-Yul Kim  
Department of Electronics and Computer Engineering  
Hanyang University

### Abstract

Bone age assessment has been widely used to measure the ossification in pediatric radiology. For the assessment, first bone age of each epiphyseal plate is estimated using DCT/LDA, then the bone age of a patient is calculated by using the median of 9 estimations. For some patients, however, due to various reasons such as X-ray image quality or the pose of fingers, it is common to miss couple of plates in automated systems. In this paper, we investigate the relationship between the number of detected plates and the accuracy of bone age assessment. In the experimental results, we confirmed the similarity between bone age assessed using more than 7 epiphyseal plates and that assessed using 9 epiphyseal plates.

### I. 서론

뼈 나이 측정은 뼈의 골화 정도를 진단하고, 소아의 성장을 예측할 수 있는 진료 방법으로, 왼쪽 손의 X-ray 영상을 이용한 자동화된 뼈 나이 측정 방법들이 제안되었다[1-6]. 이 방법들은 왼쪽 손의 phalanx와 carpal bone의 특징을 추출하여 뼈 나이를 측정한다. 그러나 소아의 나이가 9~12세 이상이면 carpal bone이 중첩이 되어 carpal bone으로는 뼈 나이 측정이 어렵고, phalanx의 특징을 이용하여 뼈 나이를 측정하여야 한다[3]. Phalanx를 이용한 뼈 나이 측정에는 손가락뼈와 골단판의 크기와 모양 특징을 분석하는 방법 [1][2][4]과, 골단판의 영역을 이용해 뼈 나이를 측정하는 방법[5][6] 등이 있다.

한양대학교에서는 9개 골단판 영역에 대해 PCA[5], DCT/LDA[6]를 적용한 자동화된 뼈 나이 측정 방법을

제안하였으며, 특히 DCT/LDA를 이용한 방법이 PCA를 이용하였을 때보다 우수한 성능을 보였다. PCA와 DCT/LDA를 이용한 두 가지 방법 모두 가운데 세 손가락에 위치한 9개의 골단판을 모두 이용하여 뼈 나이를 측정한다. 그러나 X-ray 영상이 선명하지 않거나, 손 모양 형태에 이상이 있으면 9개 골단판 중 일부 골단판을 검출하지 못하는 경우가 있다. 이때, 검출 가능한 골단판만을 이용하여 뼈 나이를 측정할 수는 있지만, 이 경우 성능 저하가 일어날 수 있다.

본 논문에서는 DCT/LDA를 이용한 뼈 나이 측정 방법에 있어서, 일부 골단판만을 이용하여 뼈 나이를 측정하고, 이 때 사용된 골단판 수에 대한 뼈 나이 측정 성능을 분석한다.

### II. DCT/LDA 기반 뼈 나이 측정

DCT/LDA 기반 뼈 나이 측정 방법[6]은 가운데 손가락에서 추출된 9개의 골단판 영역에 대해서 DCT와 LDA를 적용하여 특징값을 추출한다. 각 골단판에 대해 DCT를 적용하여 DCT 계수 중 between class variance matrix와 within class variance matrix 비율이 임계치 보다 큰 계수를 선택한다. 선택된 계수들에 대해 LDA를 적용하여 각 골단판에 대한 특징값을 추출한다. 추출된 특징값을 2세부터 17세까지의 나이별로 구한 특징값과 비교하여 각 골단판에 대한 뼈 나이를 예측하고, 골단판별 뼈 나이들의 중간값을 이용하여 최종적으로 환자의 뼈 나이를 측정한다.

DCT/LDA를 이용한 뼈 나이 측정 방법에서는 9개의 골단판을 이용하였다. 그러나 골단판을 모두 검출하지 못하는 경우, 검출 가능한 골단판만을 이용하여 뼈 나이를 측정하여야 하고, 이 결과가 정확한 뼈 나이를 나타내는지 분석할 필요가 있다. 본 논문에서는 골단판 개수를 변화시키면서 DCT/LDA를 사용하여 뼈 나

이를 측정하고 평균오차와 평균정확도를 계산하여 9개의 골단판을 이용하여 측정된 뼈 나이와 비교하여 분석한다.

### III. 실험 결과

실험 영상은 한양대학교 병원에서 촬영된 것으로, 임상 의사가 판독한 2세부터 17세까지의 분포를 가지는 93명의 남자와 303명의 여자 환자의 왼손 X-ray 영상을 사용하여 실험 하였다. 실험에서는 9개의 골단판으로 생성할 수 있는 모든 조합을 이용하여 뼈 나이를 측정하였고, 각각의 조합에 대해 오차와 정확도를 계산하여 골단판 개수별 모든 조합의 평균오차와, 평균정확도를 측정하였다. 오차는 임상 의사가 판독한 뼈 나이 값과 측정된 뼈 나이 값의 차이를 샘플 영상에 대해 평균한 것이고, 정확도는 오차가 1 이하인 샘플 영상의 비율을 나타낸다.

표 1은 뼈 나이 측정에 사용된 골단판 개수에 대한 평균오차와 평균정확도를 보여준다. 전체 9개의 골단판을 모두 이용하여 측정된 뼈 나이 평균오차는 0.606이고 평균정확도는 89.71%이다. 이 결과를 기준으로 골단판의 개수가 작을수록 뼈 나이 측정에 필요한 정보량이 줄어들어 평균오차는 커지며, 평균정확도는 낮아지는 경향을 보이고 있다. 한편 짝수개의 골단판을 이용할 경우 골단판별 뼈 나이들 중 중간의 두 나이의 평균 나이를 최종 뼈 나이로 판단하기 때문에 홀수개의 골단판을 이용하는 경우에 비해 정확도가 떨어졌다. 예를 들어 표 1에서 8개의 골단판을 사용한 경우 7개의 골단판을 이용한 경우보다 낮은 정확도를 보이고 있다. 한 개의 골단판 만을 이용하여 뼈 나이를 측정하였을 때 평균오차는 0.861, 평균정확도는 78.32%의 값을 보였고 가장 낮은 성능을 나타낸다. 이 경우, 비록 평균오차는 0.861의 결과로 임상에서 허용하는 오차 범위에 있지만, 정확도 측면에서 많은 오류가 발생하였다. 9개 골단판을 모두 이용하여 측정된 뼈 나이와 유사한 결과를 얻기 위해서는 더욱 낮은 평균오차와 높은 평균정확도를 가지는 골단판 조합을 선택해야 한다. 표 1에서 보듯이 골단판 개수가 최소 7개 이상

일 때 평균오차 0.624 이하와 정확도 86.52% 이상의 성능을 보이며, 9개 골단판을 모두 이용하는 경우와 유사한 성능을 보였다.

### IV. 결론

본 논문에서는 일부 골단판 만을 이용하여 뼈 나이를 측정할 때, 사용된 골단판의 수와 그에 대한 뼈 나이 측정값을 분석하였다. 뼈 나이 측정을 위해 골단판 영역에서 추출된 DCT/LDA 특징값을 이용하였고, 골단판의 수를 변화시키면서 실험하였다. 측정된 뼈 나이 결과와 임상 의사가 판독한 뼈 나이 값을 비교하여 평균오차와 평균정확도를 계산하였다. 실험 결과, 최소 7개 이상의 골단판을 이용하여 뼈 나이를 측정하였을 때 9개 골단판 모두를 이용한 경우와 유사한 성능을 보임을 확인하였다.

### 참고문헌

- [1] S. Mahmoodi, B. S. Sharif, E. G. Chester, J. P. Owen, and R. Lee, "Skeletal growth estimation using radiographic image processing and analysis," *IEEE Trans. Info. Tech. Bio.*, Vol. 4, No. 4, pp. 292-297, 2000.
- [2] E. Pietka, M. F. McNitt-Gray, M. L. Kuo, and H. K. Huang, "Computer-assisted phalangeal analysis in skeletal age assessment," *IEEE Trans. Med. Imag.*, Vol. 10, No. 4, pp. 616-620, 1991.
- [3] E. Pietka, L. Kaabi, M. L. Kuo, and H. K. Huang, "Feature extraction in carpal-bone analysis," *IEEE Trans. Med. Imag.*, Vol. 12, No. 1, pp. 44-49, 1993.
- [4] E. Pietka, A. Gertych, S. Pospiech, F. Cao, H. K. Huang, and V. Gilsanz, "Computer-assisted bone age assessment: image preprocessing and epiphyseal/metaphyseal ROI extraction," *IEEE Trans. Med. Imag.*, Vol. 20, No. 8, pp. 715-729, 2001.
- [5] S.-H. Jang, J.-M. Hwang, S. Yang, J.-H. Shin, and W.-Y. Kim, "Automatic bone age estimation using eigen analysis of epiphyseal region," *Asia Pacific Paediatric Endocrine Society, The 3rd Biennial Scientific Meeting*, pp. 69, 2004.
- [6] H.-J. Kim, and W.-Y. Kim, "Computerized bone age assessment using DCT and LDA," *LNCS*, Vol. 4418, pp. 440-448, 2007.

표 1. 사용된 골단판 개수에 대한 뼈 나이 인식 성능

골단판 개수	경우의 수	평균오차	평균정확도
1	9	0.861	78.32%
2	36	0.775	77.89%
3	84	0.702	84.95%
4	126	0.683	82.40%
5	126	0.650	87.20%
6	84	0.642	84.68%
7	36	0.624	88.41%
8	9	0.619	86.52%
9	1	0.606	89.71%