

# X-ray 영상을 이용한 척추측만증 영상처리 알고리즘 개발

박은정\* · 정주영\* · 배철수\* · 이상식\*\*

## Algorithm Development of Scoliosis Image Processing using X-ray Imaging

Eun-Jeong Park\* · Ju-Young Jeong\* · Cheol-Soo Bae\* · Sang-Sik Lee\*\*

### 요 약

본 연구에서는 코브 각도 측정법을 이용하여 척추 X-ray 영상을 측정할 때에 적용이 용이하도록 추간원판을 뚜렷하게 만드는 영상처리 알고리즘과 코브 각도 측정법을 일일이 적용하지 않고도 척추 전장을 포함하는 X-ray 필름의 기립 후전방 척추 영상을 하나의 척추선 함수 그래프로 변환하여 척추측만 정도 측정에 적용 또는 응용이 용이하게 하는 영상처리 알고리즘을 제시하였다. 척추 X-ray영상의 코브 각도 1°당 L값의 평균을 산출한 결과는 0.568로 나타났고, 이를 기준으로 척추측만 정도 검출이 가능하였다.

**Key Words :** Scoliosis, X-ray, Cobb's angle, Image processing, spine.

### ABSTRACT

In this study, Image Processing Algorithms which can make intervertebral disk images distinct and be easy to apply when measuring X-ray image of spine by using Cobb's angle and can measure the stage of scoliosis pertaining to X-ray image including the whole length of spine by converting to just one spinal functional graph without applying Cobb's angle in every disk are proposed. In addition, The calculated average value of L per 1° Cobb's angle as to X-ray image of spine results in 0.568 which can be a standard for detecting the stage of scoliosis.

### 1. 서 론

척추의척추의 질환 중 하나인 척추측만증(Scoliosis)은 해부학적으로 정중양의 축에서 척추가 측방으로 휘어있는 변형이나 이에 동반되어 시상면과 횡단면에서도 변형이 같이 일어난다. 대부분 통증이 없어 외과상의 문제를 일으키거나 심할

경우 변형이 중요 장기를 압박하여 기능장애까지 초래할 수 있는 척추질환이다[1].

척추측만증을 측정하기 위해서는 원인이 되는 만곡의 크기와 방향을 측정해야 한다. 만곡 크기를 측정하는 방법에는 여러 측정법[2, 3]이 있으나, 가장 널리 사용되는 것은 코브 각도 측정법[4]이다.

\* 관동대학교 의료공학과

\*\* 교신저자 관동대학교 의료공학과 교수 (lsskyj@kd.ac.kr)

접수일자 : 2011년 04월 07일, 수정일자 : 2011년 04월 25일, 심사완료일자 : 2011년 05월 13일

본 연구에서는 척추 X-ray 영상을 코브 각도 측정법을 이용하여 측정할 때에 적용이 용이하도록 추간원판을 뚜렷하게 만드는 영상처리 알고리즘을 제시하였다.

또한 코브 각도 측정법을 일일이 적용하지 않고도 척추 전장을 포함하는 기립 후전방 척추 X-ray 영상을 하나의 척추선 함수 그래프로 변환하여 척추측만 정도 측정에 적용 또는 응용이 용이하게 하는 척추 X-ray 영상처리 알고리즘을 개발하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

척추측만증에 대한 영상처리 알고리즘 개발을 위하여 척추의 X-ray 원본을 사용하였고, 디지털 영상 처리를 위하여 이미지 프로 프로그램을 사용하였다.

### 2. 실험 방법

정량적 분석을 위하여 20장의 기립 후전방 척추 X-ray 영상을 이용하여 영상처리 하였다.

### 3. 실험 장치

본 연구에서 사용한 실험 장치는 X-ray 영상, 영상처리용 PC, 소프트웨어 및 이미지 처리를 위한 이미지 프로 패키지로 구성하였다. 그림 1은 X-ray 영상을 이용한 영상처리 과정을 보여주고 있다.

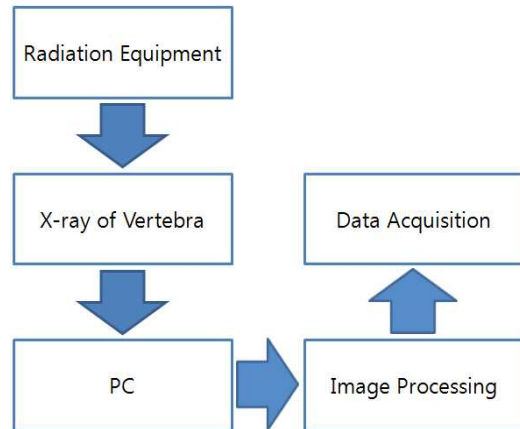


그림 1 영상처리 과정.

Fig. 1 Procedure of Image Processing.

## III. 척추선 추출 알고리즘

### (1) 코브 각도 측정법 적용

척추 전장을 포함하는 후전방 원본 X-ray를 이용하여 척추의 추골 사이 추간원판 X-ray 영상처리를 수행하였다. 영상의 이미지 분석을 위하여 사용한 이미지 프로에서 다음과 같은 과정을 통하여 그림 2, 3에서 보는 바와 같이 라지 스펙트럴 필터 영상 및 역명암 영상을 추출하였다.

#### [라지 스펙트럴 필터 영상 추출과정]

Enhance에서 Equalize-Best Fit을 한다. Process에서 Large Spectral Filters 적용한다. Filter type은 Edge+선택하고, Parameters에서 Strength 10(average)을 적용(그림 2)한 다음, Enhance에서 Invert Contrast 적용(그림 3)한다.

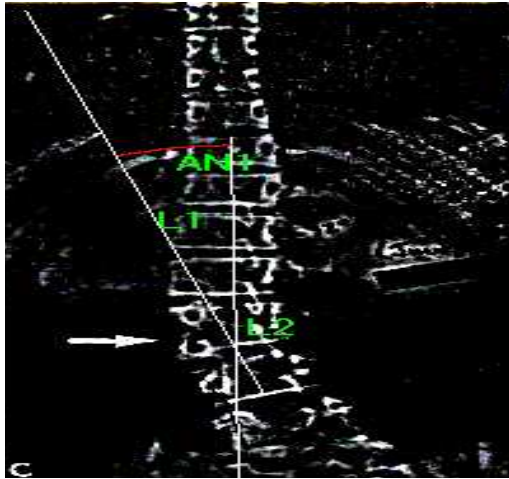


그림 2 라지 스펙트럴 필터가 적용된 영상.  
Fig. 2 Image applied Large Spectral Filter.

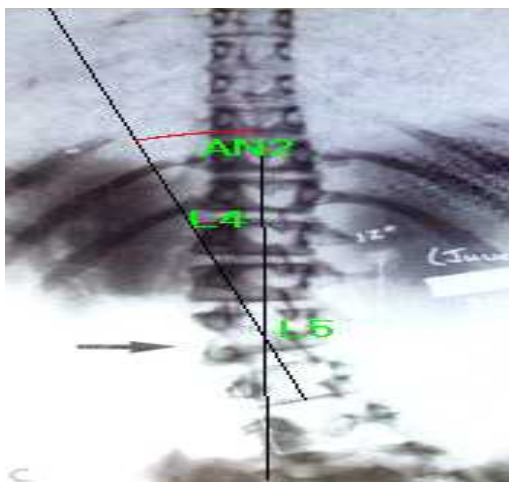


그림 3 역명암이 적용된 영상.  
Fig. 3 Image applied Invert Contrast.

위 과정으로 척추의 추간원판 마디마디가 뚜렷이 구분되었으며, 표 1에서 표시된 코브 각도 측정법의 적용이 용이한 상태임을 확인할 수 있었다.

표 1. 척추측만증의 단계.

Fig. 1. Stages of Scoliosis.

Stage	Cobb's angle
Normal	0°
Mild	1°~19°
Moderate	20°~39°
Severe	40°~

(2) 척추선 추출

X-ray 영상을 이용한 척추측만증 자동 추출 알고리즘 개발을 위하여 척추전장을 포함하는 기립 후전방 원본 X-ray의 척추선 추출 알고리즘을 이미지 프로를 이용하여 수행하였다.

[기립 후전방 원본을 이용한 라지 스펙트럴 필터 영상 추출과정]

Enhance에서 Equalize-Best Fit을 한다. Process에서 Large Spectral Filters, Filter type은 Edge+ 선택한다. Parameters에서 Width값의 평균은 170, Height값은 평균 21, Strength값은 평균 10, Passes 값은 평균20으로 설정하여 적용[그림 4]한다.

그 결과로 다소 추상적이지만, 영상에 세그먼트가 확실히 이뤄진 척추 X-ray 영상이 검출되었다.

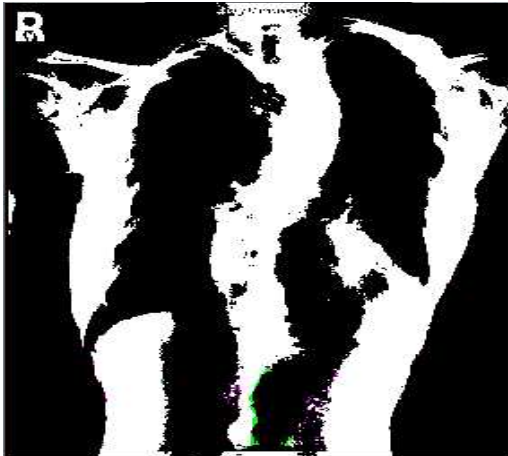


그림 4 라지 스펙트럴 필터가 적용된 영상.  
Fig. 4 Image applied Large Spectral Filters.



그림 5 평활화가 적용된 영상.  
Fig. 5 Image applied Smoothing.

X-ray 원본 영상에서 더 나아가 척추선 함수 그래프를 추출하기 위하여 영상 평활화 과정을 아래와 같이 수행하였다.

[평활화 과정]

Measure에서 Count/Size의 Intensity Range Selection에서 Automatic Bright Objects 선택한다. Options에서 Display Options은 Outline, Style은 Outline, Label Style은 None으로 설정한 다음 Object Options에서 Smoothing 30으로 설정한다. Count를 실행하여 영역을 선택하고 Image에서 Make Mask를 실행[그림 5]한다.

이 과정 3~5회 재실행하면 평활화를 통한 영상 잡음제거로, 그림 5와 같이 척추선 추출이 용이한 상태의 척추 X-ray 영상을 얻을 수 있었다.

이 영상 추출의 제한점은 3~5회 이상의 재실행은 실제 척추의 각도를 왜곡시켜 척추측만정도 측정 결과에 오류를 발생시킬 수 있다는 점이였다. 이러한 오류 발생 최소화는 뚜렷한 척추선 추출로 가능하였으며, 더 나아가 그림 6과 같이 소벨필터를 적용하여 에지영역이 분명하게 표시되도록 하였다.

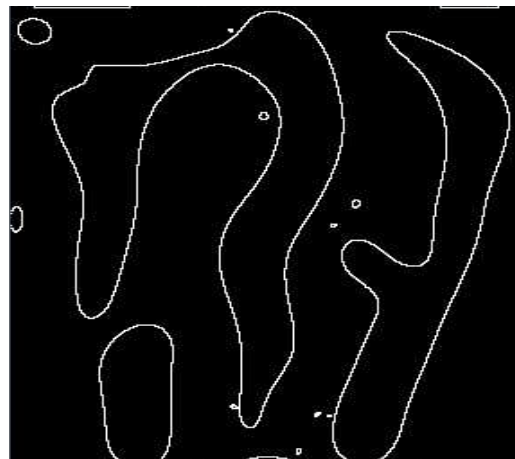


그림 6 소벨필터가 적용된 영상.  
Fig. 6 Image applied Sobel Filter.

소벨필터의 적용을 통하여 척추의 외곽선을 추

출하였다. 추출된 척추선은 그림 7의 좌측 척추선과 그림 8의 우측 척추선 두 부분으로 분류하였다.

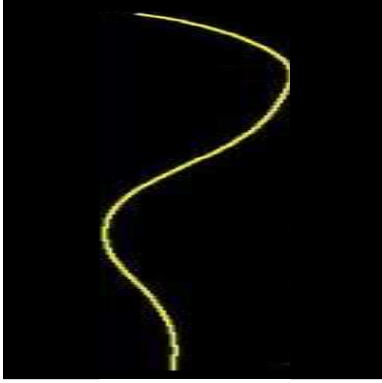


그림 7 좌측 척추선.  
Fig. 7 Left line of spine.

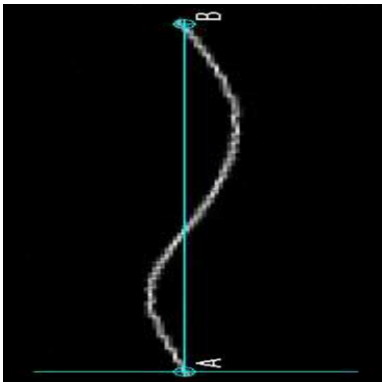


그림 8 우측 척추선.  
Fig. 8 Right line of spine.

원본 척추 X-ray의 척추선 영상에 만곡정도 검출 알고리즘에 적용하기 위하여, 아래와 같은 과정을 수행하였다.

[만곡정도 측정을 위한 그래프 생성 과정]

Rotate의 Arrows point to the top of the rotated image를 선택한다. OT Maintain image size를 옵션으로 지정하여 정상적이고

직선인 척추선에서 만곡이 시작하는 지점을 시작점 A로, 끝나는 점을 끝점 B로 지정한다. A와 B를 이은 가상의 X축에 Rotate의 모눈 선을 평행시켜 Rotate를 실행한다. 이 척추선 영상에 X축, Y축을 영상처리하기 위하여 Measure에서 Measurement선택, Create point feature로 A와 B marking하여 Create click and drag line feature로 X축과 Y축 생성하였고 구현하고자 하였던 척추선 함수 그래프를 생성한다.

#### IV. 실험 및 고찰

이미지 프로를 이용하여 영상처리 하였고, 추출된 척추선 함수 그래프는 척추측만정도를 검출하는 알고리즘에 응용 가능하도록 하였다.

영상처리를 거쳐 생성된 좌측 척추선 함수 그래프[그림 9]과 우측 척추선 함수 그래프[그림 10]이다. 두 함수 그래프에서 기울기 증감이 서로 같아 대칭을 이루는 척추선 함수 그래프가 척추의 실제 측만정도와 일치하였으므로, 척추선 함수 그래프는 기울기 증감이 서로 대칭을 이루는 것[그림 10]을 추출하였다.

실제 척추선과 일치하는 함수 그래프[그림 10]에는 이미지 프로를 이용하여 코브 각도 측정법을 적용[그림 11]하였고, 이를 통해 척추의 만곡정도를 구할 수 있었다.

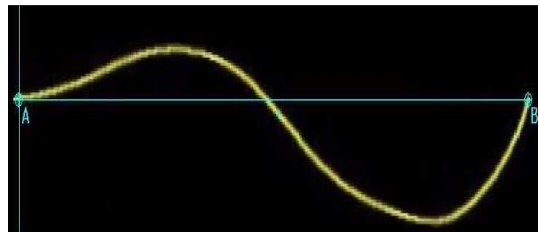


그림 9 좌측 척추선.  
Fig. 9 Left line of spine.

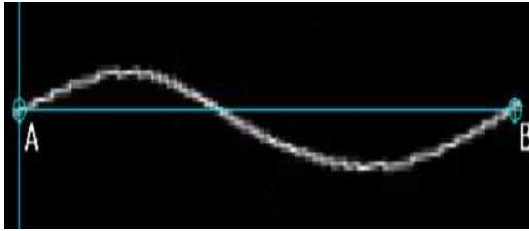


그림 10 우측 척추선.  
Fig. 10 Right line of spine.

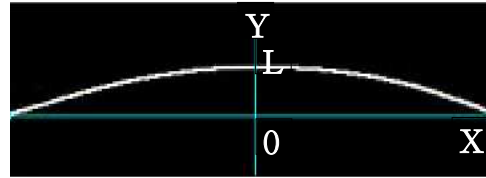


그림 12 이차 함수 그래프 (척추선).  
Fig. 12 Quadratic function graph  
(Line of Vertebra).

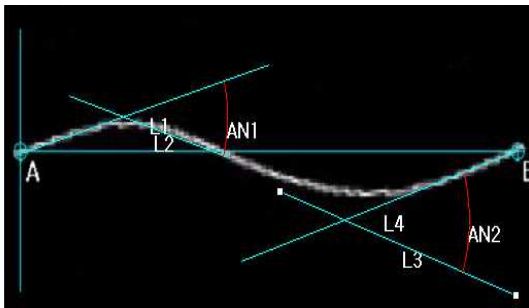


그림 11 Cobb's angle이 적용된 척추선.  
Fig. 11 Line of Vertebra applied Cobb's angle.

본 연구에서 개발된 영상처리 알고리즘의 검증 을 위하여 이중 만곡의 경우 각각의 만곡으로 나누어 분석하였다. 각 척추선 함수 그래프의 X축 길이는 모두 일정하게 확대 또는 축소시켜 원 비율을 유지하였으며, 그림 12와 같이 이차함수 형태로 통합시켰다. 또한 만곡에 따라 함수 그래프의 수식을 이차 함수와 같은 형태의 그래프로 근사화시켜서 적용하였다.

나누어진 척추선의 이차 함수 그래프의 최대점의 Y절편 값을 L값( $L > 0$ )이라고 정의하였다. 코브 각도  $1^\circ$ 당 L값은 '측정된 코브 각도 1 : L값 1 = 측정된 코브 각도 2 : L값 2'의 비례식을 이용하여 구하였으며, 이와 같은 과정을 20장의 척추 X-ray 영상에 반복 실행하여 각도  $1^\circ$ 당 L값의 평균을 산출하였다.

L값은 Y절편의 값이다.  $L > 0$ 인 성립조건을 가지며  $Y = AX^2 + L$ 을 기본 함수식으로 한다. X축의 길이(X)는 변경이 가능하지만, 적용이 용이하도록 모든 척추선 함수 그래프에서 동일하게 적용하였다. 이때 각도  $1^\circ$ 당 L값의 평균은 0.568로 나타났다. 그러므로 계산된 이차함수 값의 L값과 코브 각도와의 비교실험 결과는 아래 척추측만증의 만곡정도에 대한 L값을 나타낸 표 2와 같다.

표 2 척추측만증의 만곡정도에 대한 L값.  
Table. 2 L Value about Stages of Scoliosis.

Stage	L
Normal	$0.568 > L$
Mild	$0.568 \leq L < 11.36$
Moderate	$11.36 \leq L < 22.72$
Severe	$22.72 \leq L$

#### IV. 결 론

본 연구에서는 척추측만증 환자의 만곡정도를 자동으로 검출하기 위한 X-ray 영상의 추출 기법을 개발하고 이에 대한 알고리즘을 검증하였다.

1. 척추 X-ray 20장의 원본 영상에 영상처리

알고리즘을 적용하였고, 이미지 프로 프로그램  
램을 이용하여 측정하였다.

2. 척추 전장을 포함하는 X-ray 필름의 기립  
후전방 척추 영상을 하나의 척추선 함수 그  
래프로 변환하여 코브 각도 측정법을 적용하  
지 않고도 척추측만 정도 측정이 가능하게  
하였다.
3. 척추 X-ray영상에 반복 실행하여 코브 각도  
1°당 L값의 평균을 산출한 결과는 0.568로  
나타났다.
4. 보다많은 임상실험을 통하여 척추측만 정도  
를 자동으로 검출할 수 있는 시스템 개발이  
가능할 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

- [1] Jeong Sik Seo, Sun Mi Chung, Eun Jin  
Choi, Jin Kyung Kim, n Seok Nho, Hai Lee  
Chung, Dae Hyun Joo, and Woo Taek Kim,  
“A Case of Scoliosis Due to a Foreign  
Body(Pencil) in the Colon”, Korean journal  
of pediatrics, Vol 45 No 11, pp 1417-1421,  
2002.
- [2] 김영은, 이춘기, 최형연, “특발성 척추측만증  
해석 및 수술경로 결정 S/W 개발”, 한국과학  
재단, pp 13-23, 2004.
- [3] 김영은, 유한규, “정상 척추체 모델을 이용한  
척추측만증 모델 자동 생성 프로그램 개발”,  
한국정밀공학회지, 제 23권 3호, pp 187-194,  
2006.
- [4] S Srinivasalu, Hitesh N Modi, Satyen  
SMehta, Seung-Woo Suh, Ting Chen, and  
Temuujin Murun, “Cobb Angle Measurement  
of Scoliosis using Computer Measurement of  
Digitally Acquired Radiographs-Intraobserver  
and Interobserver Variability”, Asian spine  
journal, Vol 2 No 2, pp 90-93, 2008.

---

### 저자약력

---

**박 은 정(Eun-Jeong Park)**

비회원



2008-2011년 관동대학교  
의료공학과  
학사

<관심분야> 생체역학, 보행분석, 척추측만증,  
의용전기전자

**정 주 영(Ju-Young Jeong)**

비회원



2009-2011년 관동대학교  
의료공학과  
학사과정

<관심분야> 생체역학, 생체 신호처리,  
의용메카트로닉스, u-Health

**배 철 수(Cheol-Soo Bae)**

중신회원



1979년 명지대학교  
전자공학과 공학사  
1981년 명지대학교 대학원  
공학석사  
1988년 명지대학교 대학원  
공학박사  
1999-2001년 관동대학교  
공과대학 학장  
1981-현재 관동대학교

의료공학과 교수  
<관심분야> 의용신호처리, 영상처리, 신호처리  
시스템, 영상압축

이 상 식(Sang-Sik, Lee)

중신회원



1993-2000년 LG전선(주)  
1996-2000년 성균관대학교  
박사  
2001-2004년 (주)미도테크  
2004-2010년 성균관대학교  
연구부교수  
2011-현재 관동대학교  
의료공학과 교수

<관심분야> 의용메카트로닉스, u-Health,  
생체역학, 의용전기전자