



# X-ray에서 척추변형 자동분석을 위한 AI 기술과 적용사례

가천대길병원 김영재

# 목차

01 서론 및 필요성

02 데이터셋 구축

03 주요 기술 소개

04 결론 및 향후 방향

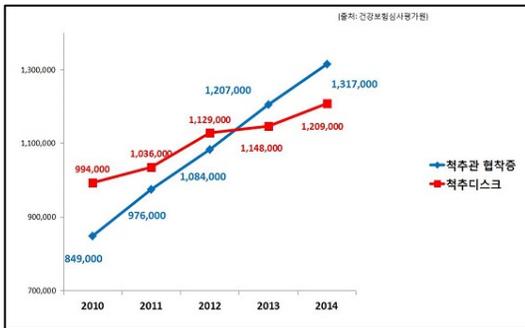
# 01 서론 및 필요성

Introduction & Motivation

- 1 척추질환 환자 증가 및 시장 확대
- 2 척추변형의 임상적 중요성
- 3 척추변형 진단을 위한 매개변수 측정방법
- 4 기존 척추변형 진단 방식의 한계

## 척추질환의 사회적 문제

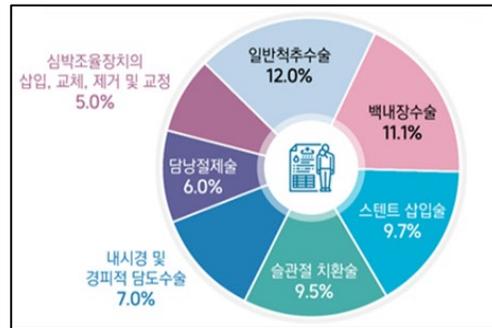
50대 이상 척추질환 환자 증가 추이



- ✓ 국내 척추질환 환자는 2019년 기준 920만명으로, 2015년 대비 **약 13% 증가**하여 사회경제적 부담이 상승
- ✓ 전체인구의 **80%가** 허리통증으로 인한 불편감 경험 및 병원 방문

## 척추질환 수술의 높은 비중

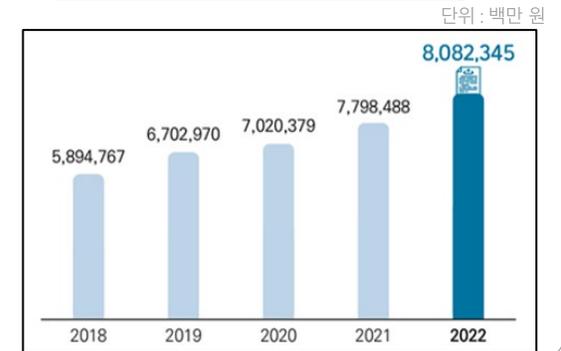
진료비 상위 7개 수술 점유율



- ✓ 고령화 사회 진입과 함께 퇴행성 척추질환이 급증하고 있으며, 2019년 척추 측만증 환자 중 10~20대가 전체의 **56.5%를 차지**함
- ✓ 일반척추수술이 **12.0%**로 2022년 진료비 상위 수술 중 가장 높은 비중을 차지함

## 척추질환으로 인한 사회·경제적 부담

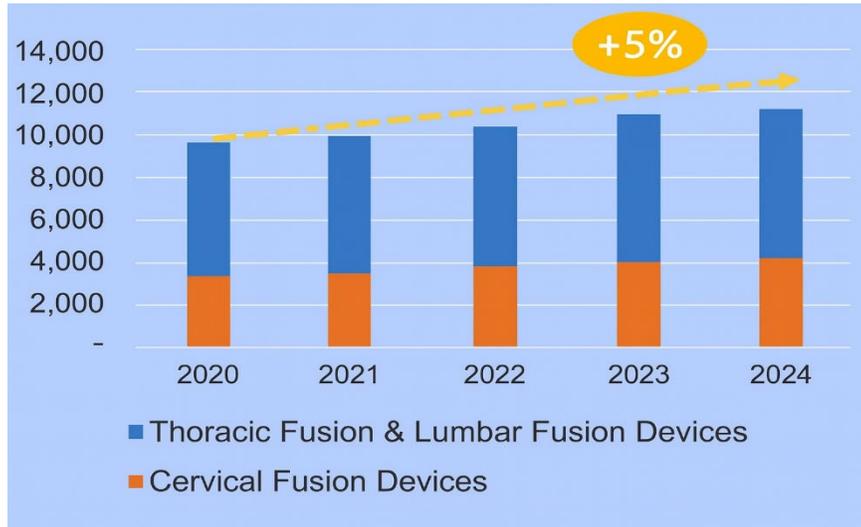
주요수술 진료비용 추이



- ✓ 개인적 측면에서 근로 중단 및 치료 비용으로 인한 손실이 높음
- ✓ 국가적 측면에서 건강보험 재정과 국가 경제에 큰 부담

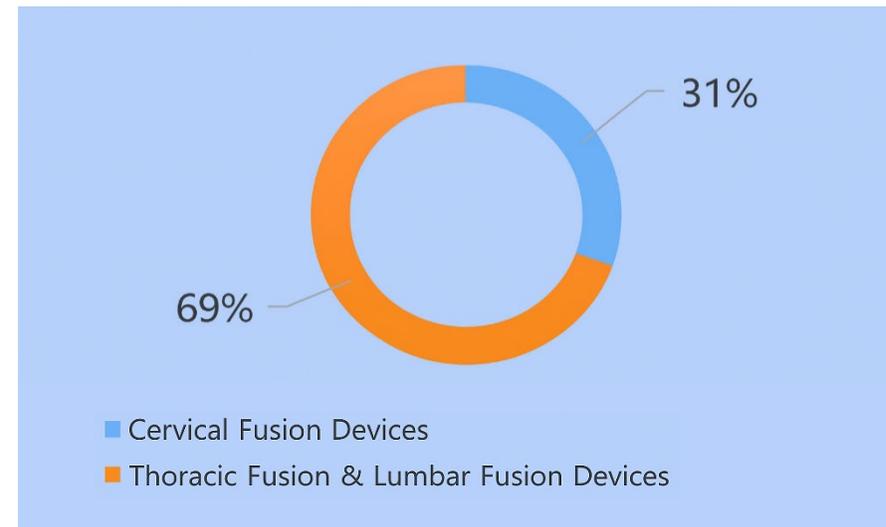
## 척추 시장의 확대

### 세계 척추 시장 규모



- ✓ 글로벌 척추 시장 규모 **약 11조원**
- ✓ 2020~2024년 동안 **연평균 약 5% 성장**

### 세계 척추 시장 점유율



- ✓ 요추 관련 시장이 **약 70%로 대부분을 차지**

“ AI 기반 척추 변형 분석 솔루션의 상용화 가능성 제고 및 필수 의료기술로의 정착 가능성  
전 세계 척추 융합 기기 **시장 규모는 지속적 확대 추세** ”

## 척추 변형각 측정의 임상적 중요성 통증/신경 증상



- 변형 각도가 커질수록 만성 요통경부통 발생
- 신경 압박으로 감각 저하근력 약화 동반

## 척추 변형으로 인한 환자 영향 생활의 질(Quality of Life, QoL)

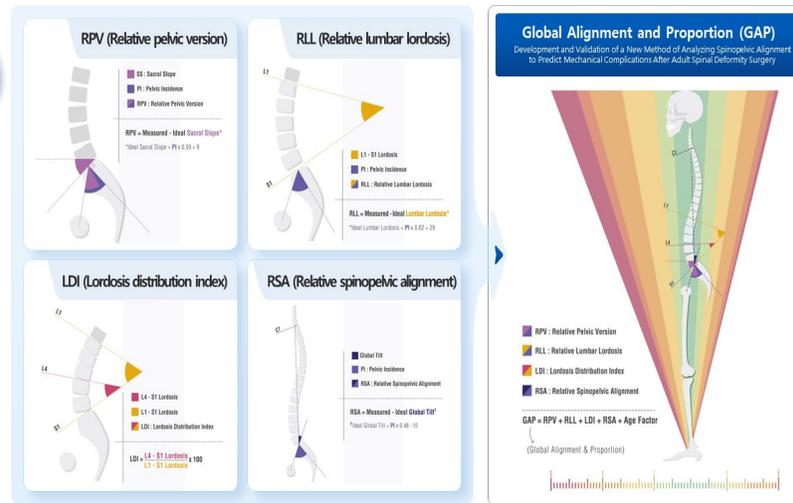


- 외형 변화로 인한 심리적 위축, 사회적 활동 제한
- 활동성 감소로 인한 전신 건강 악화

## 척추변형각

### 척추변형각이란?

- ✓ 척추 변형각은 방사선 영상에서 측정되는 척추 만곡의 크기를 의미함.
- ✓ 이 값은 척추 변형의 심한 정도를 객관적으로 수치화하여 진단, 치료 결정 및 예후 평가에 활용됨.



## 척추 변형각 측정의 임상적 중요성 심폐 기능



- 흉추 변형 심한 경우 폐활량이 저하됨.
- 심폐 기능 저하로 일상 활동 제한

## 척추 변형 지표의 중요성 치료 결정



- 척추만곡에 대한 정량적 수치가 수술보조기 치료 등치료 방침 결정의 핵심 지표가 됨.

척추 변형각의 변화는 **질환의 진행 여부를 객관적으로 파악**할 수 있는 중요한 지표.

정확한 척추 변형각 측정을 통해 조기 진단과 꾸준한 관리를 시행하면 **장기적인 합병증을 예방하고 삶의 질을 유지**할 수 있음.

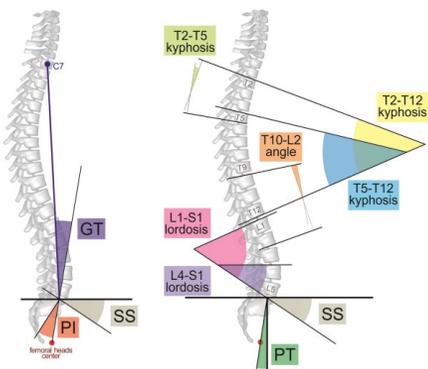


척추균형에 대한 변형 진단을 통해 **치료계획 수립**



01

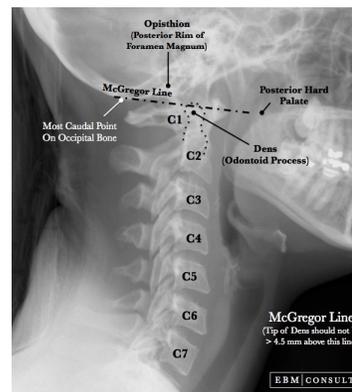
## Whole Spine



- Sacral Slope
- L1-S1 Lordosis
- L4-S1 Lordosis
- Global Tilt
- T10-L2 Kyphosis
- T4-T12 Kyphosis
- Pelvic Tilt, Pelvic incidence
- SVA, RPV, RLL, LDI, RSA, GAP

02

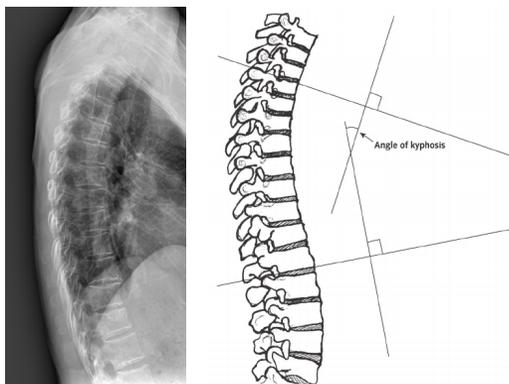
## C-Spine



- McGregor Line
- BDI
- BAI
- Power Ratio
- ADI
- SAC,
- T1 Angle
- cSVA, CL

03

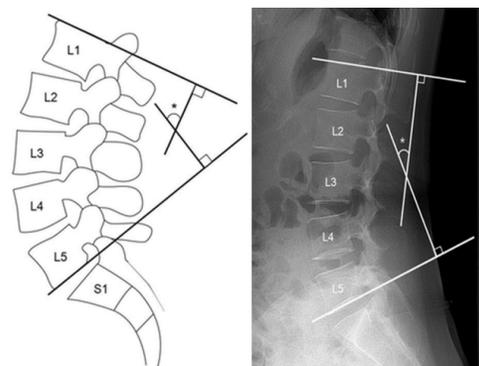
## T-Spine



- T10-L2 Kyphosis
- T4-T12 Kyphosis

04

## L-Spine



- Sacral Slope
- L1-S1 Lordosis
- L4-S1 Lordosis



### 척추 변형지표



GAP 점수를 통해 성인 척추 기형 수술을 받는 환자의

### 기계적 합병증 예측

GAP 점수를 통해 수술 목표 설정하고 기계적 합병증 유병률을 낮춤

### 수술 목표 설정

척추 질환 환자의 수 증가와 함께 수동 측정은 많은 시간소모와 의료진의 업무 부담을 가중시킴

“ 완전 자동화된 매개변수 측정 기술 필요 ”

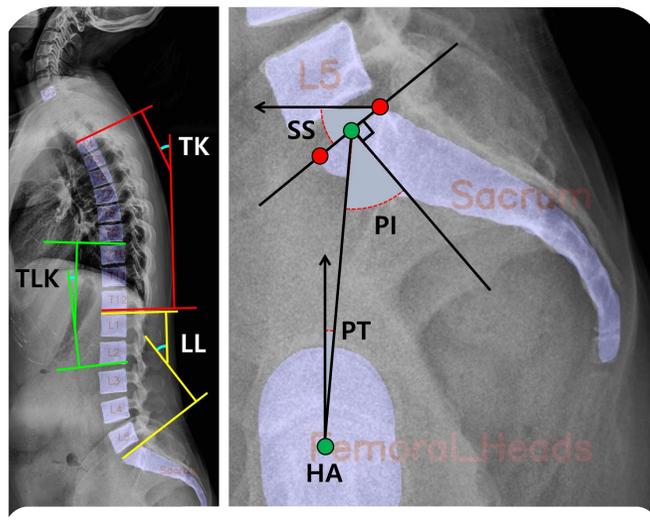
## 수동 측정 방법



- 디지털 방사선 영상에서 소프트웨어를 이용해 수동 측정을 보조하여 척추 변형각을 측정함.
- 그러나 여전히 사용자가 기준점을 지정해야 하므로 주관적 편차 존재.
- 완전 자동화가 아니어서 검사 시간과 노력이 많이 듬.

## AI 척추 변형 분석

### 인공지능 기반의 척추 변형 분석



- 분석결과 제공 1분 미만
- 현재 변형 정도 제공
- 치료 계획(수술, 비수술) 수립 보조
- 수술 수정 목표치 제공

## 분석 결과 기반 치료계획 수립



- 치료계획 수립을 위한 분석 결과 제공
- 수술과 비수술적 보존치료 판단에 도움

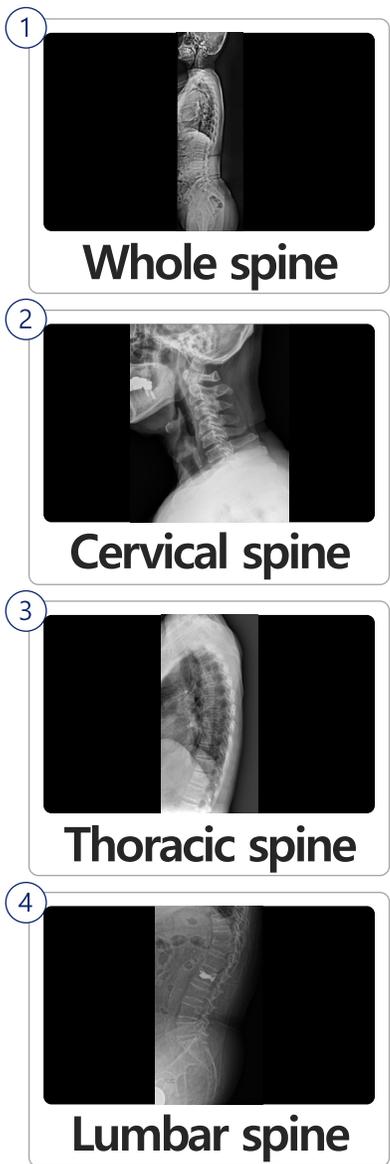
→ 척추변형 진단의 완전 자동화된 매개변수 측정 기술은 시간소모와 의료진의 업무 부담을 감소시킬 수 있음

# 02 데이터셋 구축

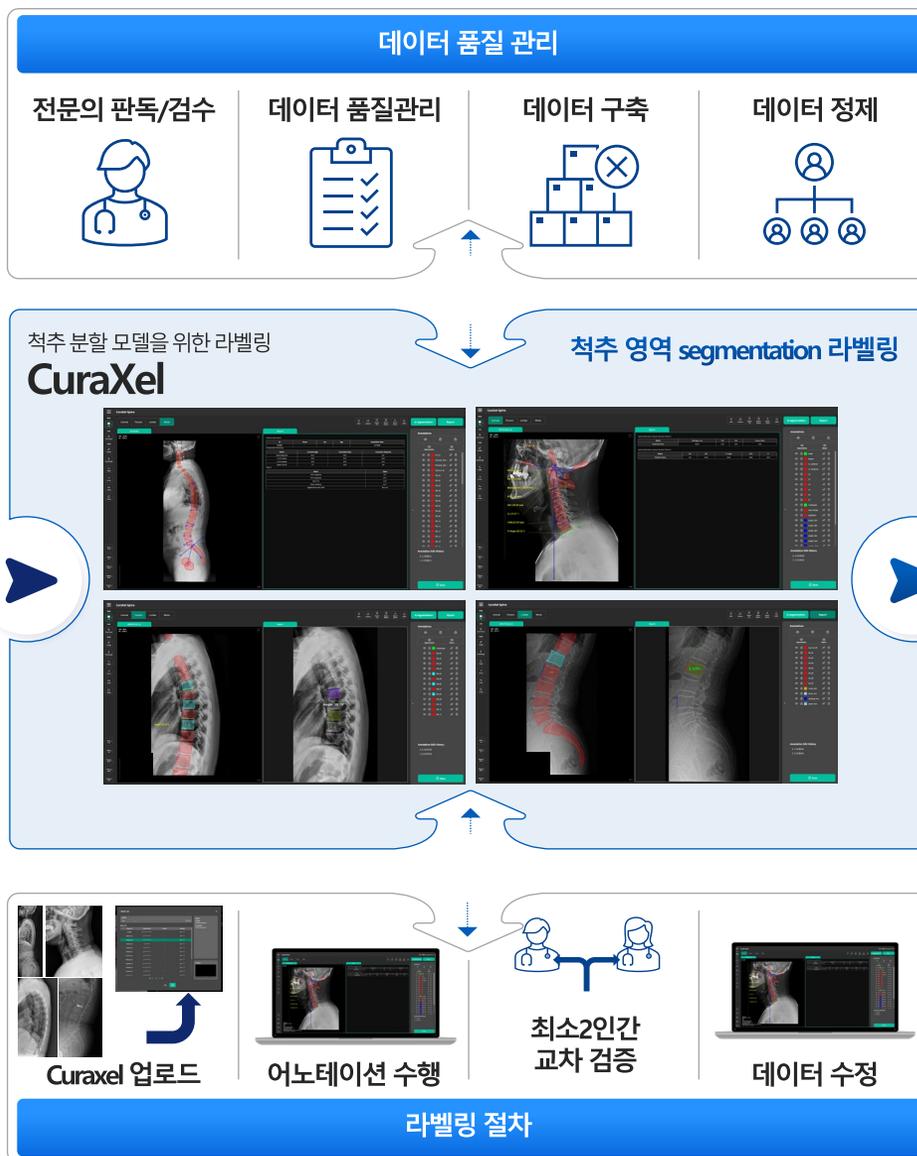
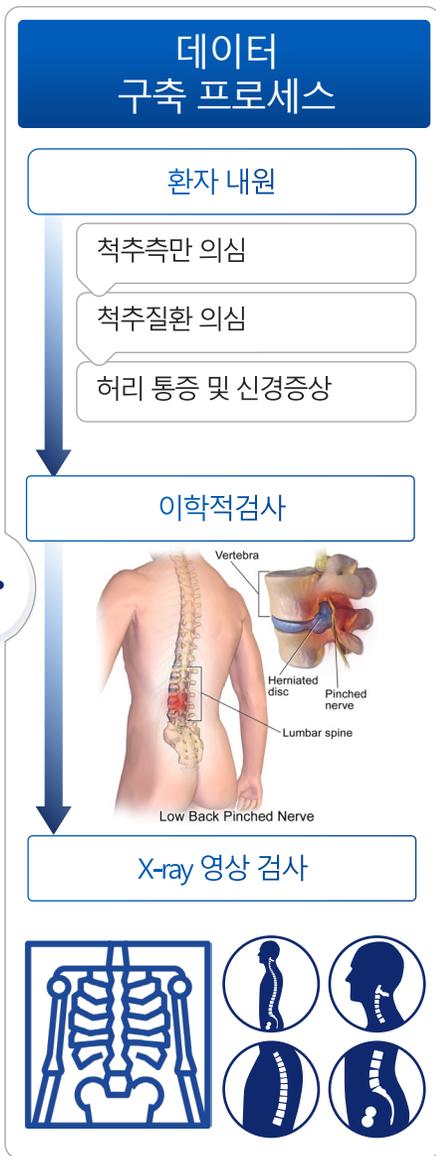
Data and AI Model

- 1 X-ray 데이터셋 구축 개요
- 2 X-ray 데이터셋 구축 및 라벨링

# X-ray 데이터셋 구축 개요



합성 모델  
추가 학습  
및 개선



## X-ray 데이터 구축

### Whole Spine



- 척추(whole spine) 분할 모델 학습을 위한 1,778건의 Whole spine x-ray 데이터 수집

### C-Spine



- 경추(Cervical) 분할 모델 학습을 위한 943건의 C-spine x-ray 데이터 수집

### T-Spine



- 흉추(Thoracic) 분할 모델 학습을 위한 2,632건의 T-spine x-ray 데이터 수집

### L-Spine



- 요추(Lumbar) 분할 모델 학습을 위한 5,107건의 L-spine x-ray 데이터 수집

## 라벨링 데이터 수집

4 class instance segmentation labeling  
**C2 / Vertebrae / Sacrum / Femoral Heads**

11 class semantic segmentation  
**Hard palate / Basion / Opisthion/ C1 ~ C7**

1 class instance segmentation labeling  
**Vertebrae**

2 class instance segmentation labeling  
**Vertebrae / Sacrum**

## 학습용 데이터셋 분류 Train / Validation / Test

1,424

177

177

753

95

95

2,104

263

265

4,085

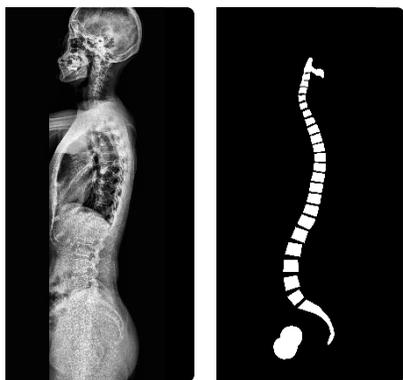
511

511



## 척추 영역 segmentation 라벨링

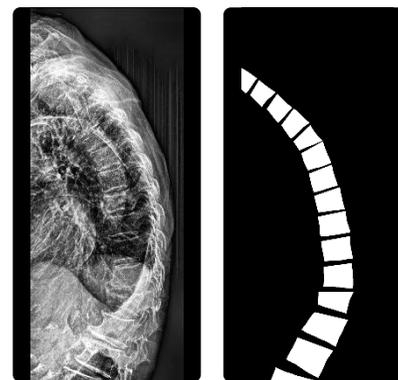
Whole spine



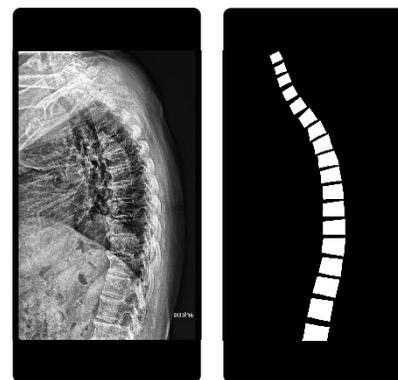
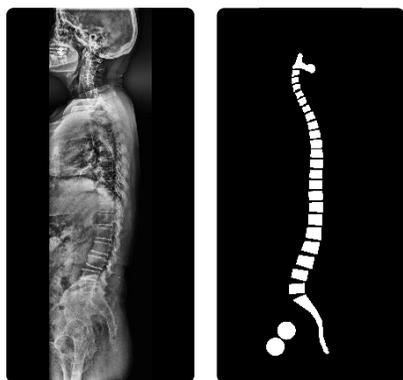
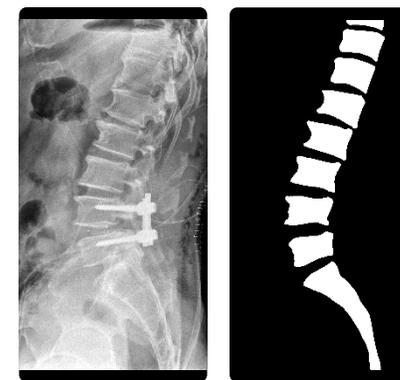
C-Spine



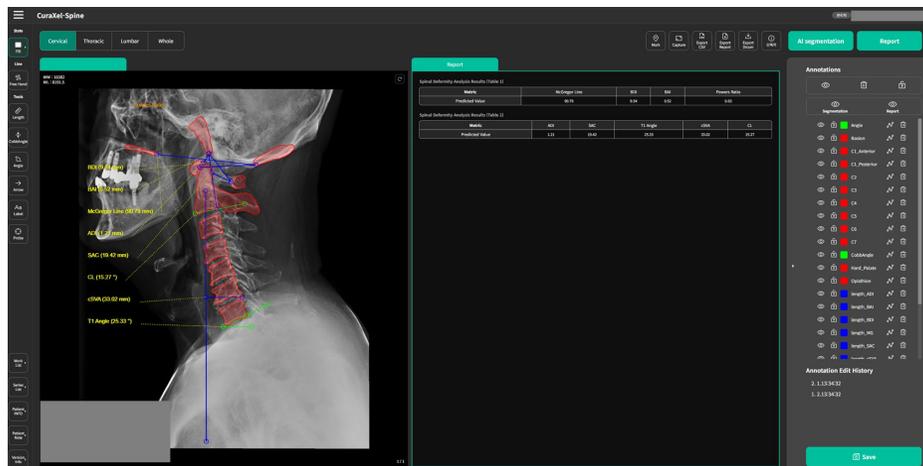
T-Spine



L-Spine



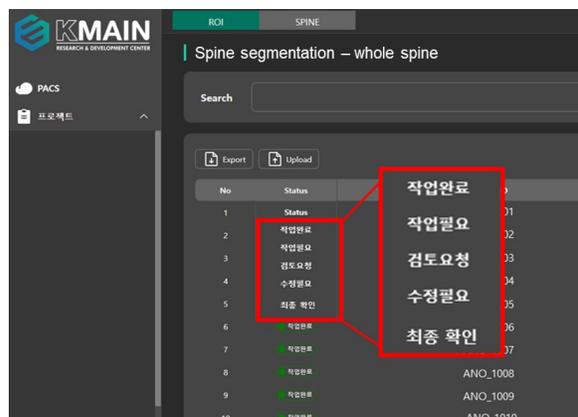
## (주)케이마인의 CuraXel



- ✓ Segmentation, BBox 생성, VR/MIP 등 고급 가시화 기능과 2D-3D 뷰어를 통합 제공하여 **정밀한 영상 분석 및 라벨링 작업을 효율적으로 지원**함.
- ✓ DICOM 익명화, PACS 연동, **작업 로그 기록 등 의료 데이터 보안 및 관리 기능이 탁월**하며, 다양한 네트워크 환경에서 접근이 가능해 **작업 유연성이 높음**
- ✓ 각 기능의 설정을 유연하게 조정할 수 있어 **사용자의 작업 환경에 맞는 맞춤형 편집이 가능**하며, 인터넷만 연결되어 있으면 장소 제한 없이 작업을 수행할 수 있음

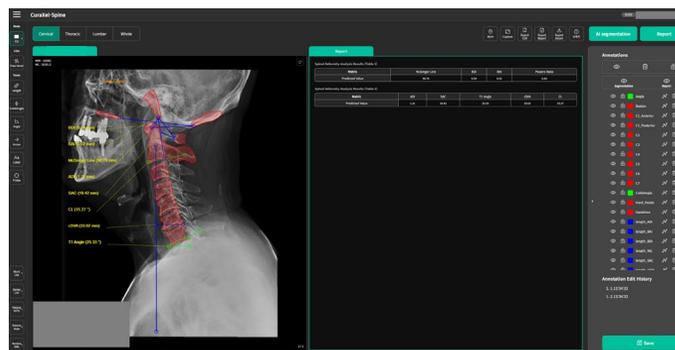
## 의료영상에 특화된 어노테이션 플랫폼

라벨링 → 검수 → 전문의 피드백 → 오류 수정 → 최종 승인



### [라벨링 작업 관리 프로세스]

- 데이터 관리자는 라벨러에게 작업할당
- 라벨러는 자신에게 할당된 목록 검색 및 조회
- 라벨링 **작업 완료** 상태 변경
- 검수자는 라벨링된 결과 확인 후 **검토요청**
- 전문의가 확인 후 **수정필요 또는 최종 확인**



# 03 주요 기술 소개

## Core Technology

- 1 척추 자동분석 AI 파이프라인 개요
- 2 Segmentation 모델을 이용한 척추체 자동 분할
- 3 부위별 척추변형 주요 측정 지표
- 4 비전 알고리즘 기반 분할된 척추체의 Corner Detection
- 5 추론 실패 척추체 보간 기술
- 6 Cobb method 기반 각도 매개변수 자동측정
- 7 비전 알고리즘 기반 분할된 척추체의 압박률 측정
- 8 AI 기반 자동 측정 알고리즘 성능
- 9 실시간 상호작용 가능한 정밀 분석 환경
- 10 Dynamic Report [Measuring tools]
- 11 웹(Web) 기반 정밀 분석 AI 솔루션 [ + PACS 연계 기술]
- 12 웹(Web) 기반 정밀 분석 AI 솔루션 시연

# 척추 자동분석 AI 파이프라인 개요

## STEP 1

측면 X-ray 영상 기반 Segmentation 모델 학습

### Lateral X-ray images & AI model



Whole



Cervical



Thoracic

Lumbar

Semantic Segmentation

Trained Unet Model

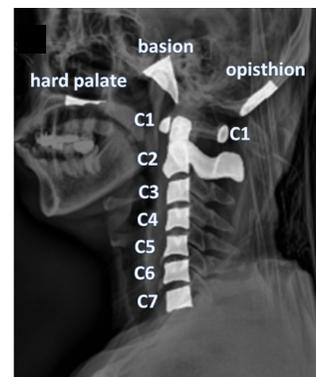
Instance Segmentation

Trained Mask R-CNN Model

## STEP 2

4종 영상에서 척추체 분할

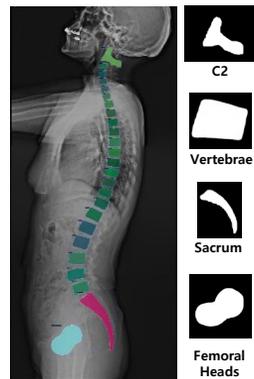
### 분할된 척추체 마스크 확보



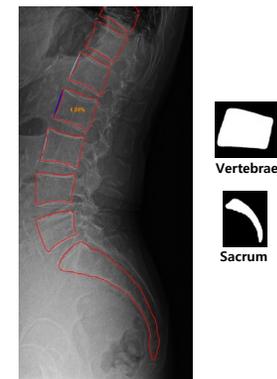
Whole: 11 Class



Cervical: 1 Class



Whole: 4 Class



Thoracic: 2 Class



## STEP 3

비전 알고리즘 기반 변수 자동 측정 및 가시화

### Computer Vision Algorithms

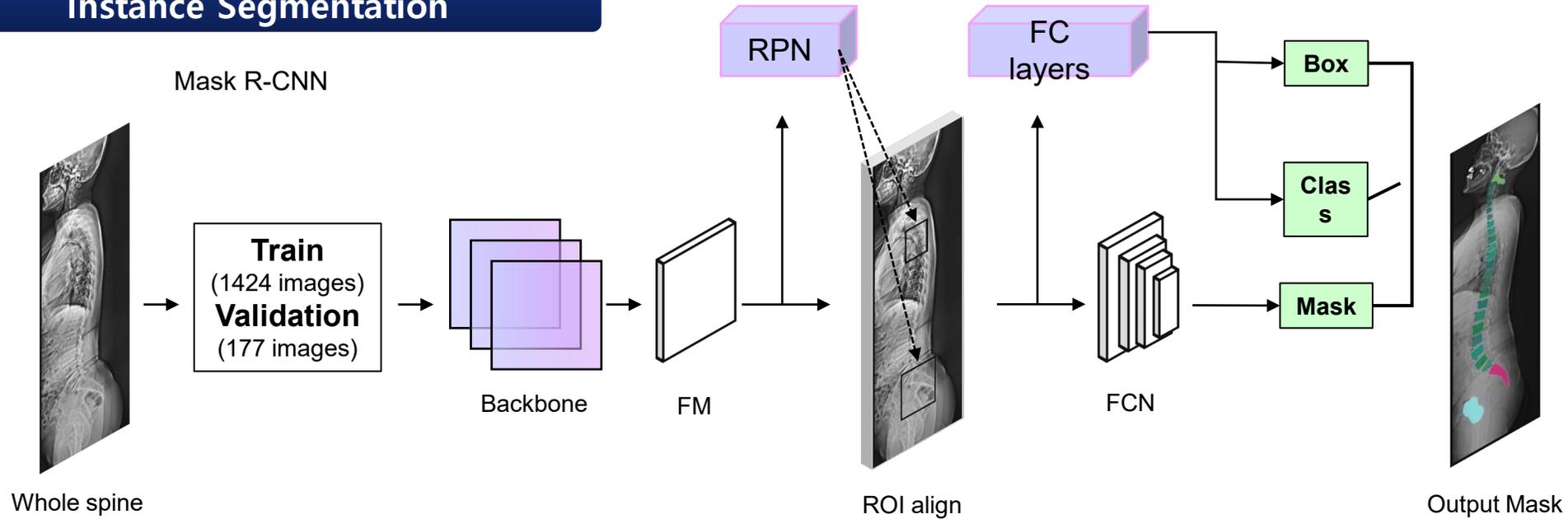
Exception Handling

Identify Key Landmarks

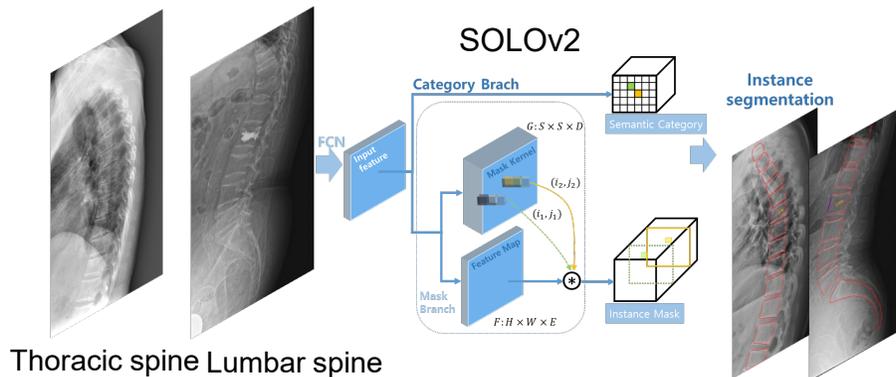
Parameters Computation

Measurements Visualization

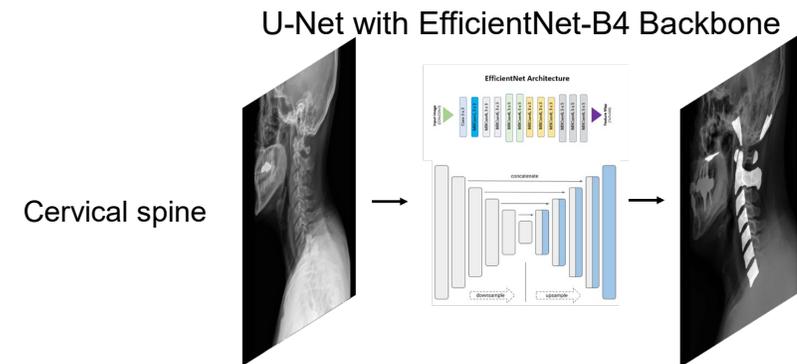
## Instance Segmentation

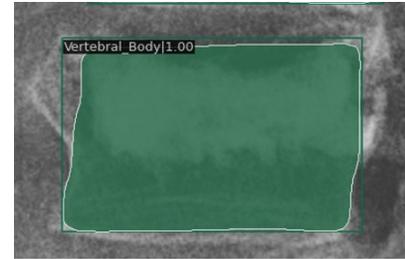
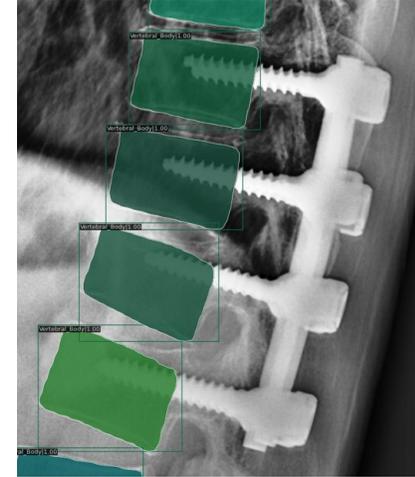
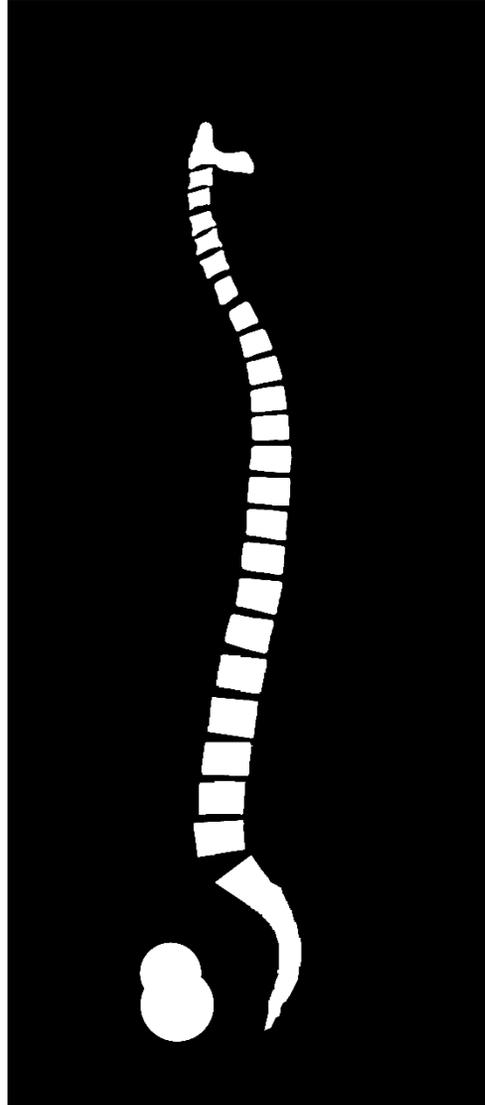
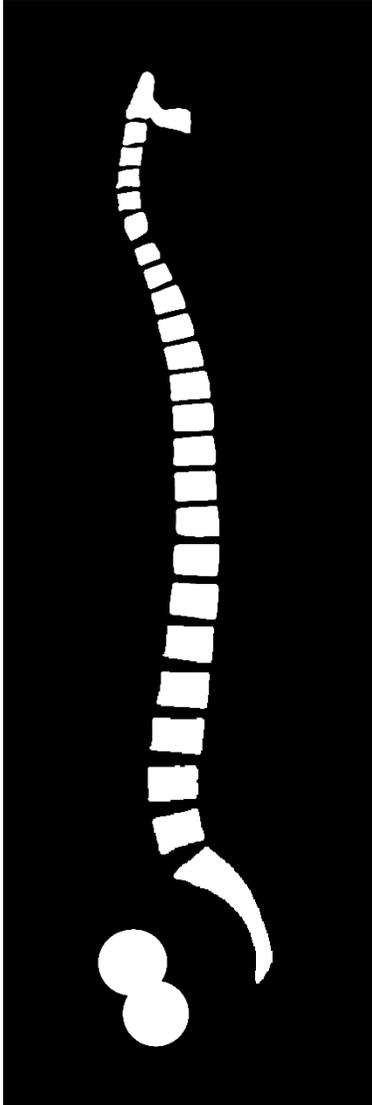


## Instance Segmentation



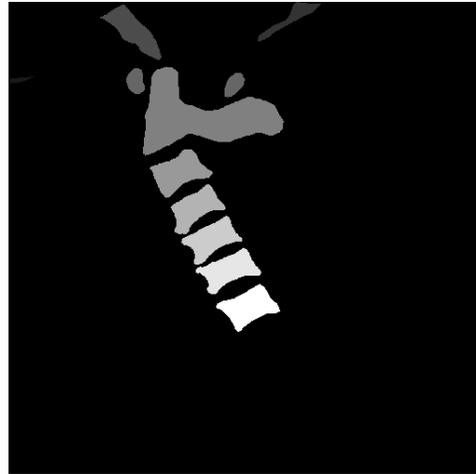
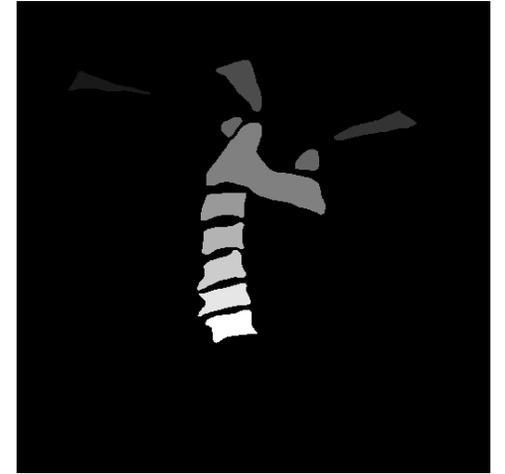
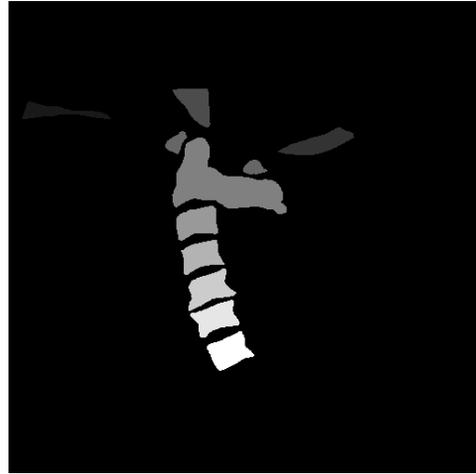
## Semantic Segmentation



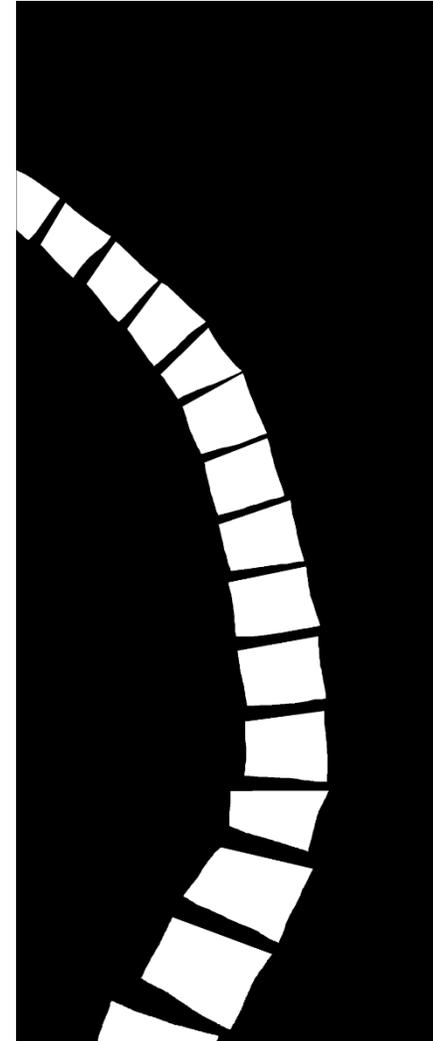
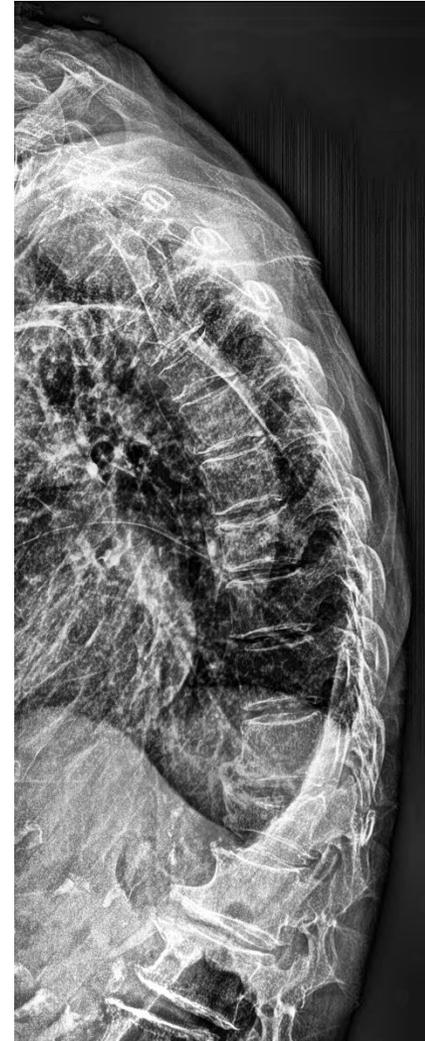
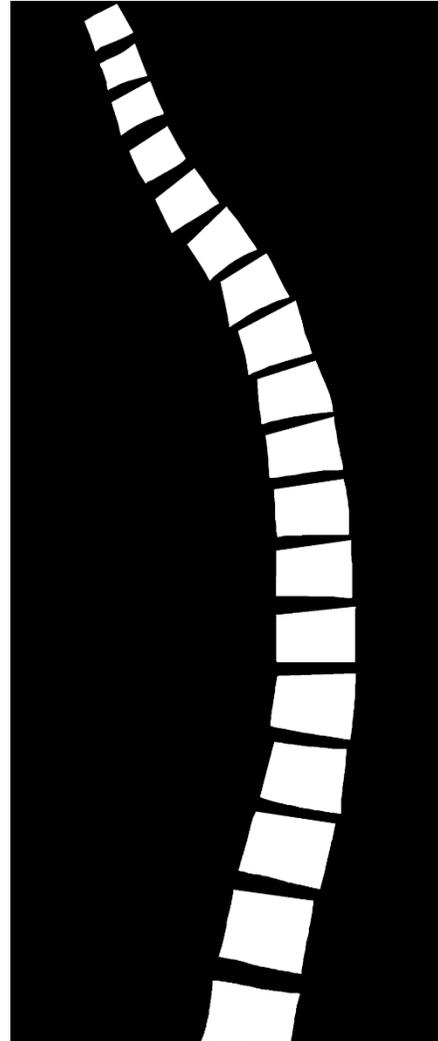
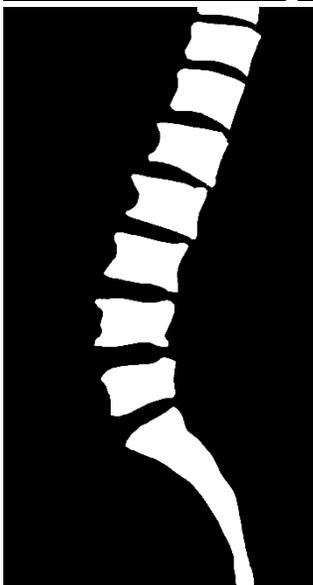
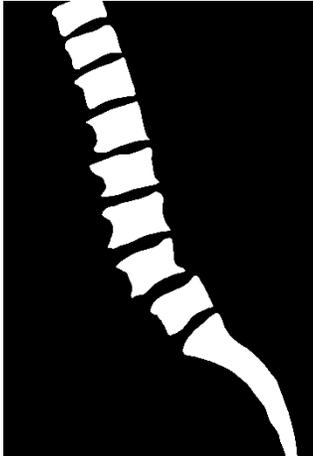


스crew, 골시멘트가 있어도 척추체  
분할의 높은 추론 능력 확인

Whole Spine 척추체 분할 성능  
DSC: 92.5%



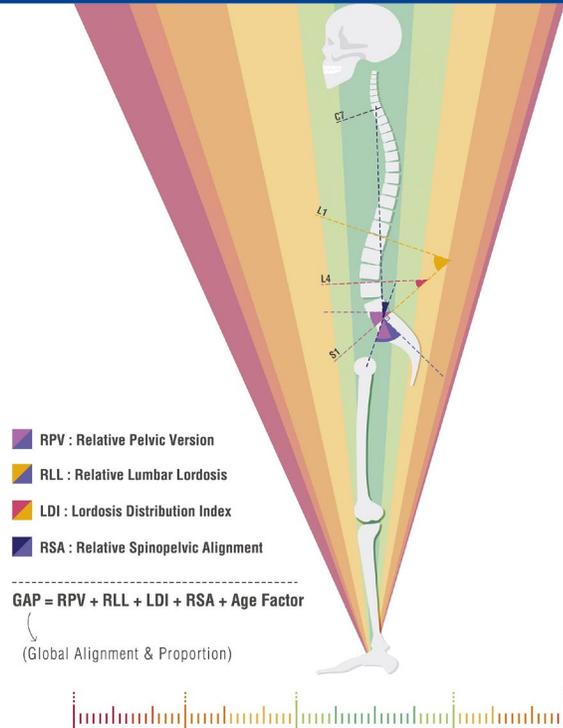
Cervical Spine 척추체 분할 성능 **DSC: 90.0%**



Lumbar Spine 분할 성능 **DSC: 92.9%**

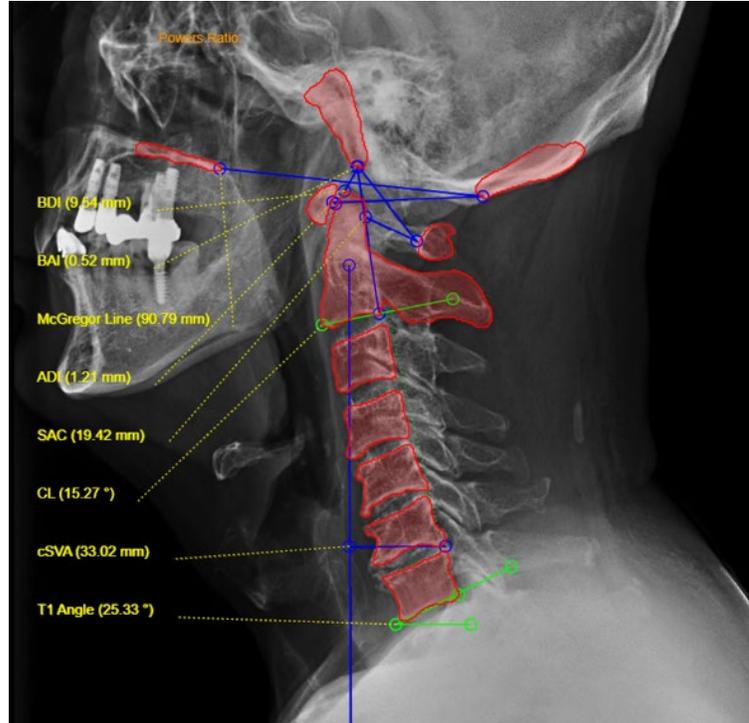
Thoracic Spine 분할 성능 **DSC: 95.7%**

## Whole Spine: Global & Regional Parameters



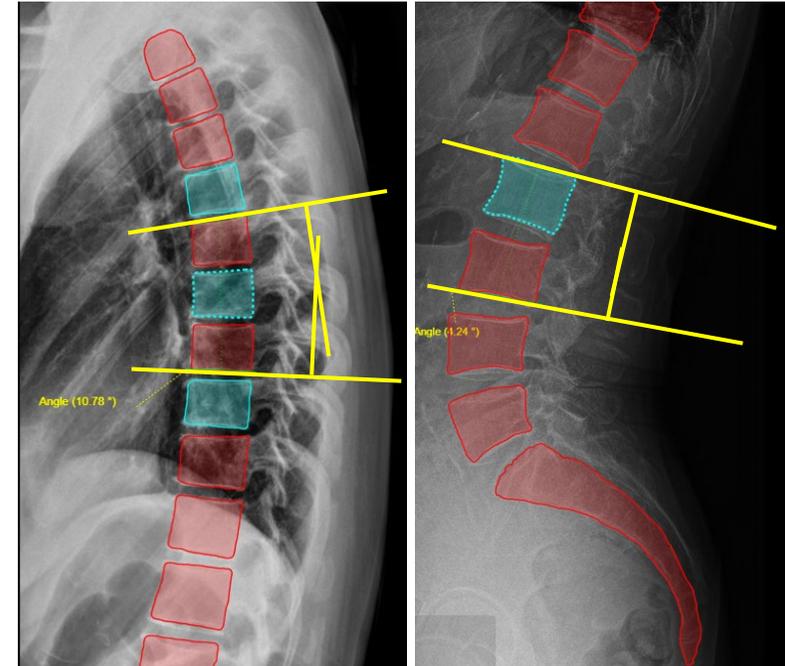
**Whole Spine:** Sacral Slope, L1-S1 Lordosis, L4-S1 Lordosis, Global Tilt, T10-L2 Kyphosis, T4-T12 Kyphosis, Pelvic Tilt, Pelvic incidence, SVA, RPV, RLL, LDI, RSA, GAP

## Cervical Spine: Alignment and Deformity Parameters



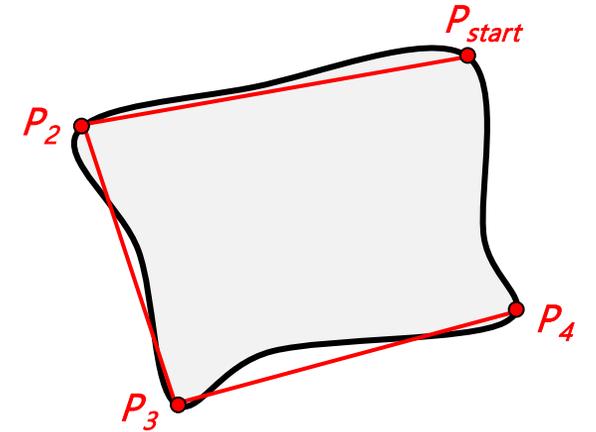
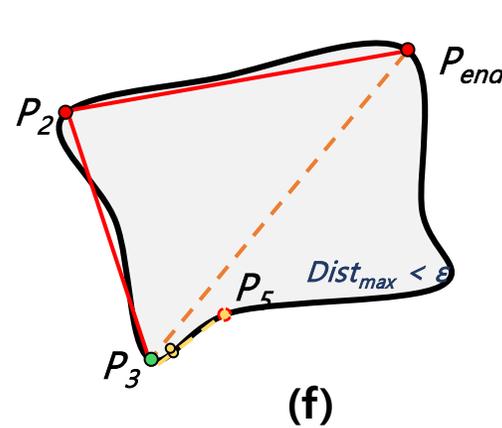
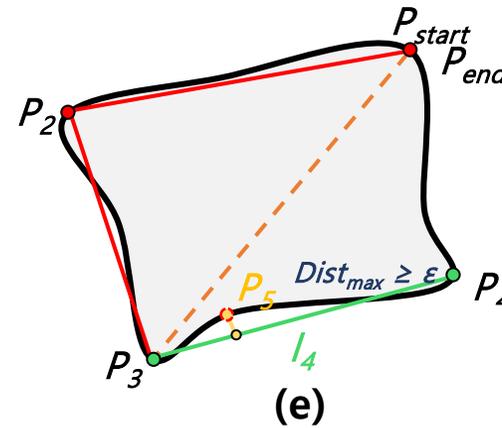
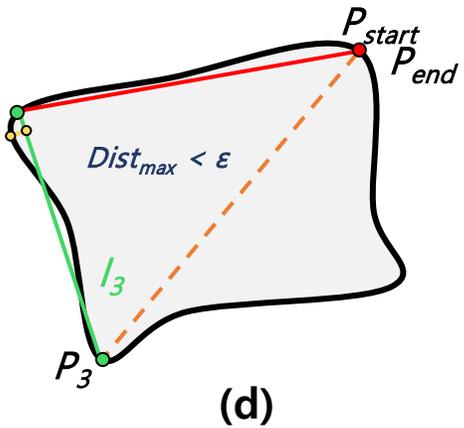
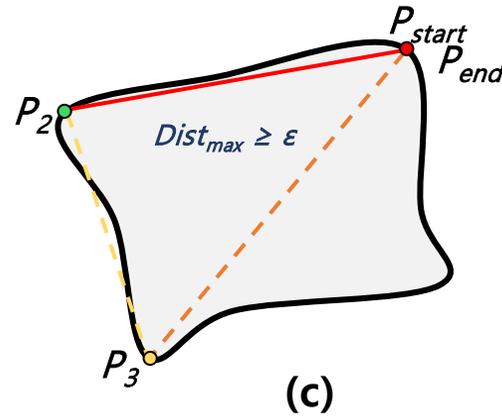
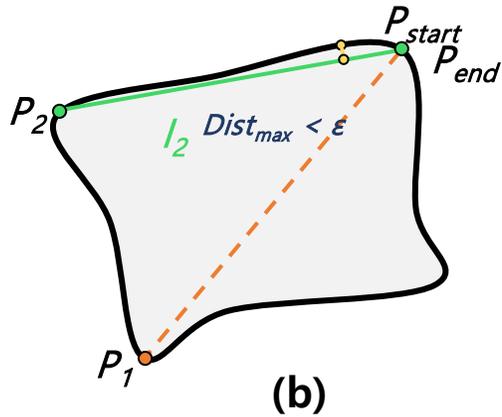
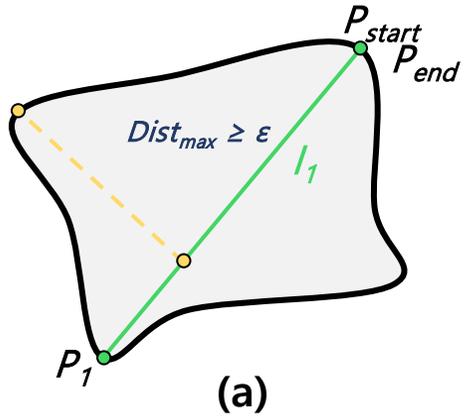
**Cervical Spine:** McGregor Line, BDI, BAI, Power Ratio, ADI, SAC, T1 Angle, cSVA, CL

## Thoracic & Lumbar Spine Key Parameters



**Thoracic Spine:** T10-L2 Kyphosis, T4-T12 Kyphosis  
**Lumbar Spine:** Sacral Slope, L1-S1 Lordosis, L4-S1 Lordosis

## Ramer–Douglas–Peucker algorithm을 이용한 척추체 다각형 근사화

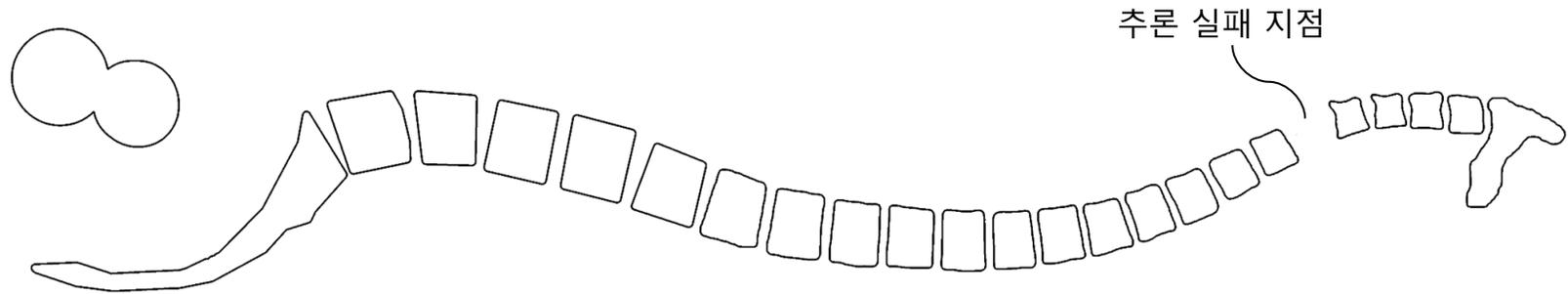


Corner Detection

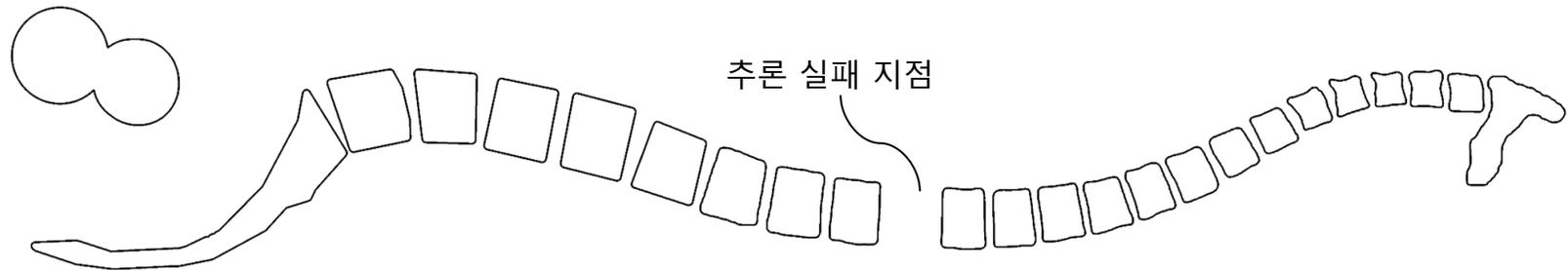


척추체는 각 정점에 해당하는  
좌표 4점으로 근사

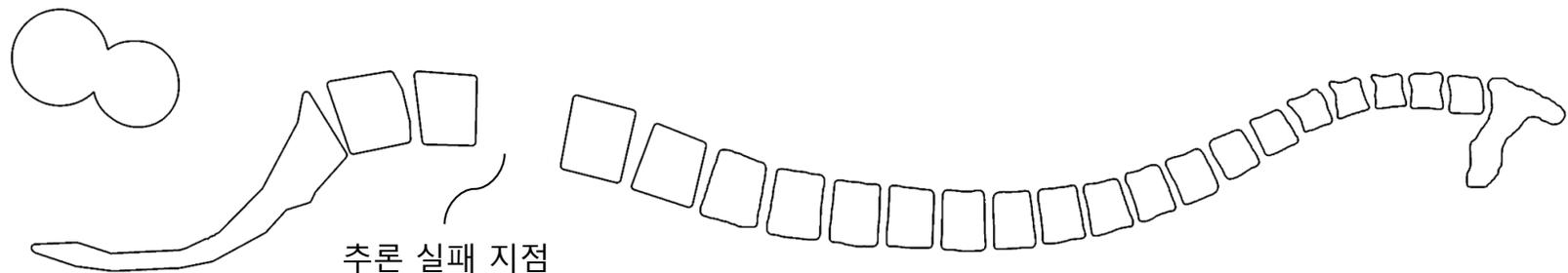
• 경추 추론 실패 Case



• 흉추 추론 실패 Case

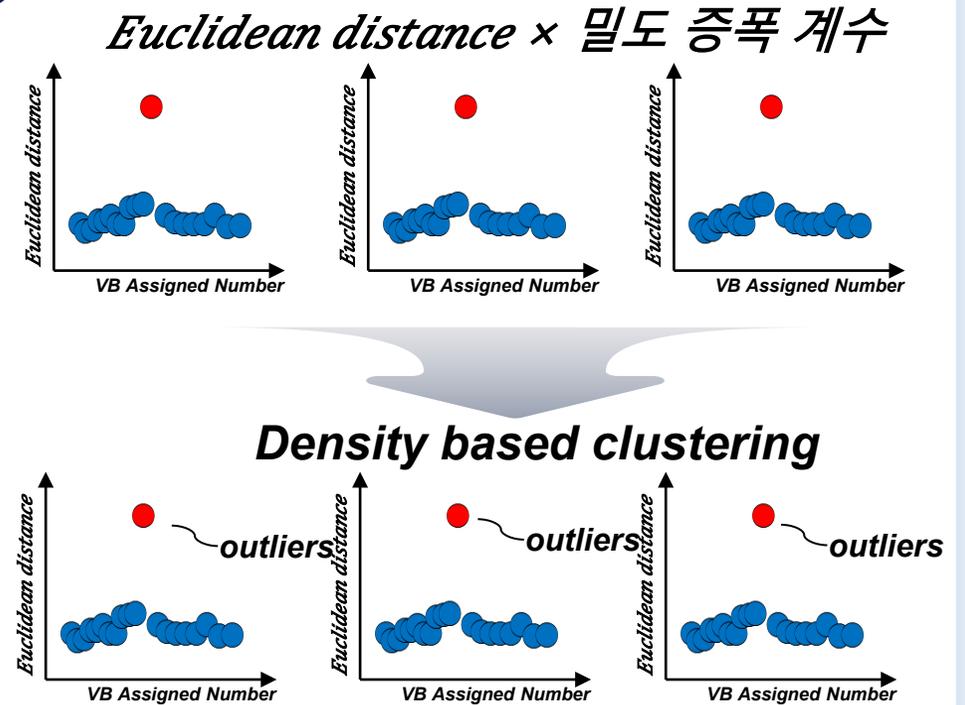
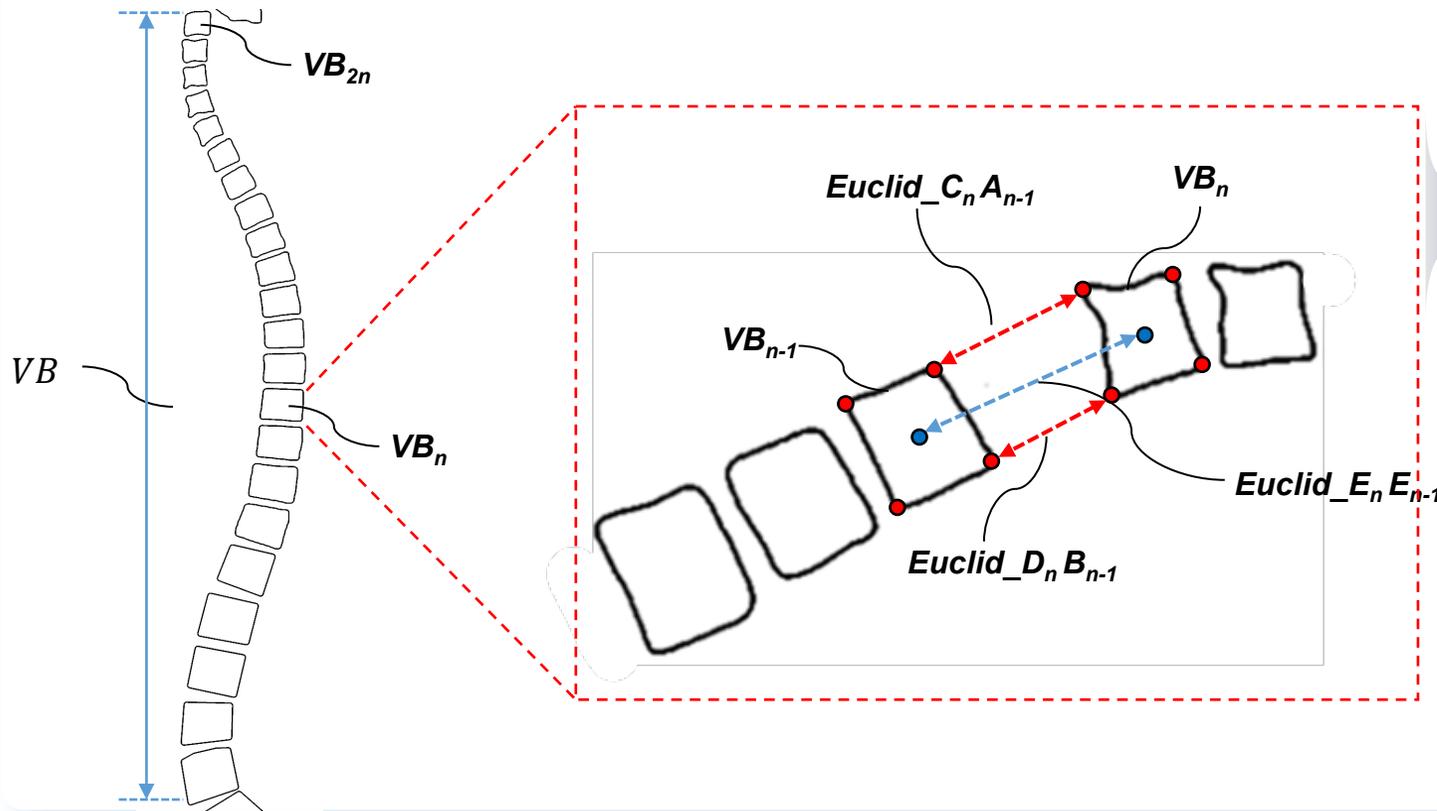


• 요추 추론 실패 Case



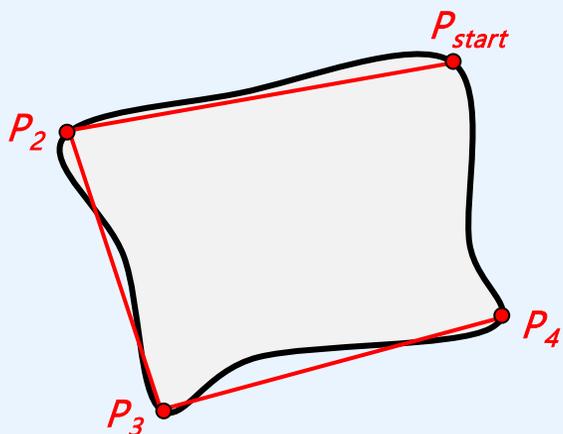
**일부 추론 실패 지점은 척추체의 순번 오류 발생 -> 자동 측정 오류 가능성 발생**

## 추론 실패 지점 검출 비전 알고리즘



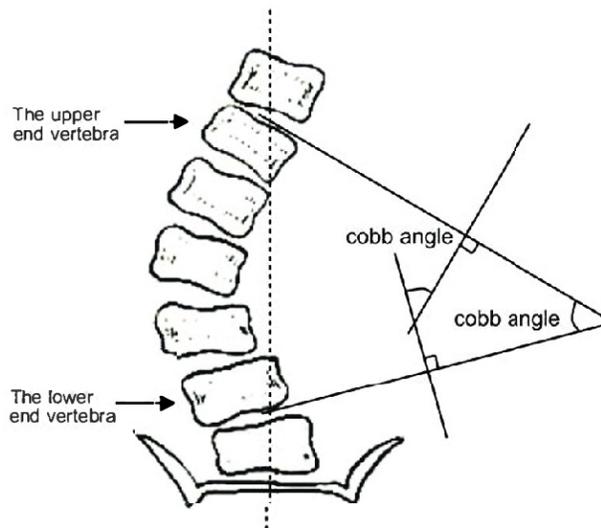
추론 실패 지점 도출 -> 실패지점 주위 척추체로 부터 마스크 복제  
-> 무게 중심점 보정 -> 기울기 보정 -> 척추체 보간

## Corner Detection



척추체 각 꼭지점에 해당하는  
좌표 4점 근사

## Cobb method 기반 각도 매개변수 측정



임상에서 주로 쓰이는 Cobb  
method 기반 자동화 알고리즘 구현

## 측면 X-Ray 영상에서 매개변수 측정

**Cervical Spine:** McGregor Line, BDI, BAI, Power Ratio, ADI, SAC, T1 Angle, cSVA, CL

**Whole Spine:** Sacral Slope, L1-S1 Lordosis, L4-S1 Lordosis, Global Tilt, T10-L2 Kyphosis, T4-T12 Kyphosis, Pelvic Tilt, Pelvic incidence, SVA, RPV, RLL, LDI, RSA, GAP

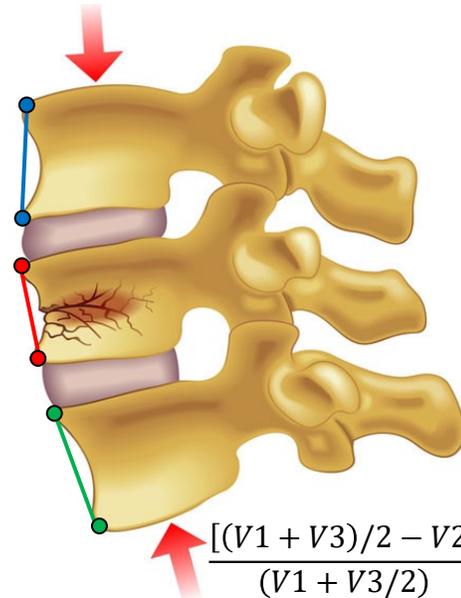
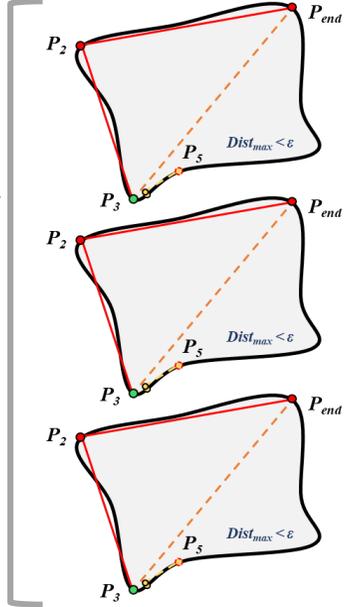
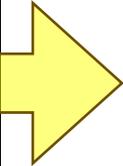
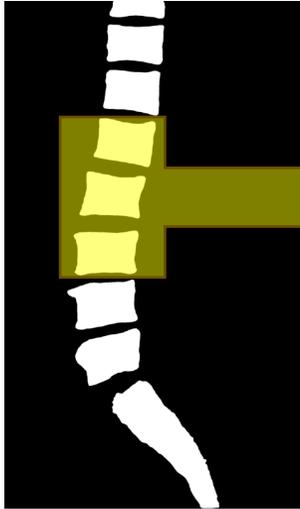
**Thoracic Spine:** T10-L2 Kyphosis, T4-T12 Kyphosis

**Lumbar Spine:** Sacral Slope, L1-S1 Lordosis, L4-S1 Lordosis

측정된 매개변수로 주요 척추변  
형 지표 계산

## 척추체 압박률 측정 과정

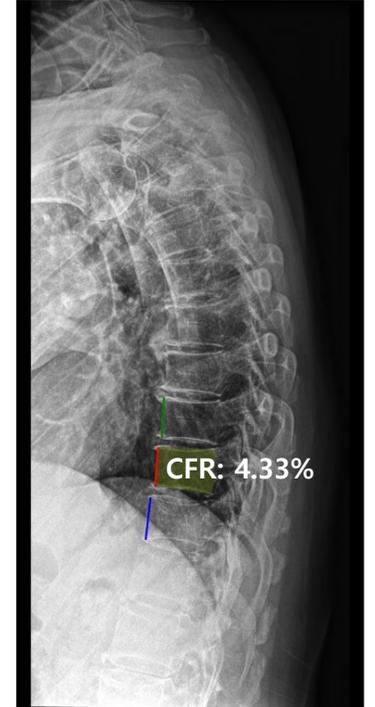
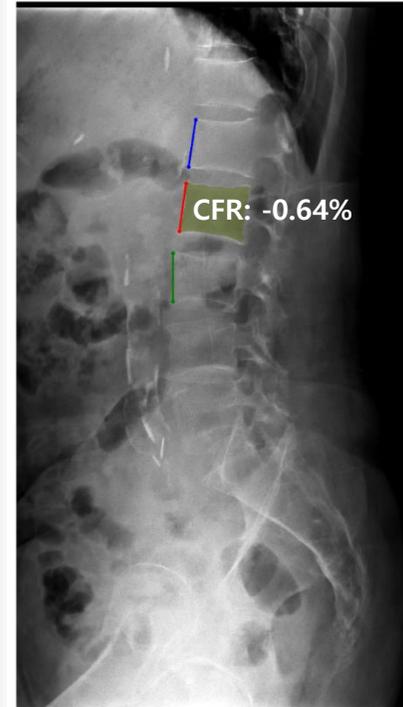
Input data → Instance Segmentation → Corner Detection → 압박률 계산



- CLAHE, 정규화 등 전처리
- 개별 척추체 예측
- 압박률 측정 대상 척추체 선택 (총 3개)

- 비전 알고리즘
- 꼭지점 4 점 근사
- 상하 인접 척추 평균 대비 늘린 척추체의 길이 계산

## 압박률 측정 예시



- ✓ 비전 알고리즘 기반 요추 척추체 압박률 측정 예시 (좌)
- 비전 알고리즘 기반 흉추 척추체 압박률 측정 예시 (우)

## 정량 분석 성적서

성적서 번호 : GCU-015G

### 7. 시험결과

#### 7.2 시험환경

#### 라. 시험방법

Case 번호	척추 정량화 각도 차이 시험방법(Test Methods)
1	AI 기반 영상 분석 소프트웨어를 활용하여 lateral whole spine x-ray 100건에 대해 척추 정렬 지표(TK, LL, PI, PT, SS, SVA 등) 7개 항목을 자동 측정함.
2	동일 영상에 대해 영상의학과 전문의 2인이 각각 수기로 측정한 값을 평균 내어 <u>기준값(reference)</u> 으로 사용함.
3	AI 자동 측정값과 <u>기준값</u> (2인의 임상의 평균값) 간의 차이를 각 항목별로 계산하고, 이 <u>절대값</u> 의 평균을 정밀도 지표로 삼아 목표 허용 오차 범위 내 여부를 검증함.

- AI vs 인간 관찰자와 비교 7° 이내의 변동성
- 인간 vs 인간 관찰자내 변동성 약 2°~7°
- 개발 목표 5° 이내 (측정값 대비 10%이내 목표)

## 정량 분석 테스트 시험성적서



## 정량 분석 성적서

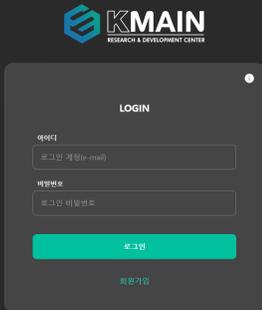
성적서 번호 : GCU-015G

### 7. 시험결과

#### 7.3 시험결과(상세)

항목1	척추 정량화 각도 차이																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
시험목표	전문가가 측정한 값과의 오차율이 10 이하																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
시험결과 상세	<p>1. AI 기반 분석 소프트웨어로 척추 정렬 지표 자동 측정</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="8">AI 알고리즘</th> </tr> <tr> <th>TK_AI</th> <th>TLK_AI</th> <th>LL_AI</th> <th>PI_AI</th> <th>PT_AI</th> <th>SS_AI</th> <th>SVA_AI</th> <th>TK_AI</th> <th>TLK_AI</th> <th>LL_AI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>26.04796</td> <td>0.98</td> <td>34.98</td> <td>49.18</td> <td>10.65</td> <td>32.87</td> <td>61.34</td> <td>14.86765</td> <td>4.69</td> <td>58.03</td> </tr> <tr> <td>11.32477</td> <td>4.28</td> <td>49.28</td> <td>38.25</td> <td>19.19</td> <td>31.63</td> <td>-9.13</td> <td>28.47888</td> <td>3.81</td> <td>43.95</td> </tr> <tr> <td>22.62172</td> <td>4.84</td> <td>26.24</td> <td>52.09</td> <td>31.64</td> <td>29.22</td> <td>26.1</td> <td>20.66989</td> <td>5.01</td> <td>26.24</td> </tr> <tr> <td>16.77816</td> <td>4.34</td> <td>22.32</td> <td>56.77</td> <td>20.94</td> <td>38.29</td> <td>45.21</td> <td>27.90919</td> <td>3.76</td> <td>54.65</td> </tr> <tr> <td>10.31426</td> <td>3.68</td> <td>44.04</td> <td>42.66</td> <td>17.45</td> <td>28.04</td> <td>49.82</td> <td>21.06272</td> <td>4.93</td> <td>48.32</td> </tr> <tr> <td>29.65308</td> <td>4.53</td> <td>20.82</td> <td>36.56</td> <td>18.71</td> <td>28.07</td> <td>30.86</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>2. 영상의학 전문가가 수기로 측정한 값</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">임상의 1</th> <th colspan="5">임상의 2</th> </tr> <tr> <th>TK_S1</th> <th>TLK_S1</th> <th>LL_S1</th> <th>PI_S1</th> <th>PT_S1</th> <th>SS_S1</th> <th>SVA_S1</th> <th>TK_S2</th> <th>TLK_S2</th> <th>LL_S2</th> <th>PI_S2</th> <th>PT_S2</th> <th>SS_S2</th> <th>SVA_S2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Patient1</td> <td>36.828</td> <td>1.8944</td> <td>50.1971</td> <td>45.9733</td> <td>7.3121</td> <td>38.6612</td> <td>39.325</td> <td>32.5845</td> <td>1.1937</td> <td>49.7624</td> <td>51.6366</td> <td>3.6262</td> <td>48.0104</td> <td>39.3642</td> </tr> <tr> <td>Patient2</td> <td>57.714</td> <td>3.3359</td> <td>55.8403</td> <td>53.9876</td> <td>16.5376</td> <td>37.45</td> <td>10.9932</td> <td>35.3483</td> <td>5.53</td> <td>70.0779</td> <td>54.1292</td> <td>13.9392</td> <td>40.19</td> <td>28.4038</td> </tr> <tr> <td>Patient3</td> <td>32.6088</td> <td>7.3726</td> <td>53.7798</td> <td>31.2211</td> <td>14.3232</td> <td>16.8979</td> <td>1.62</td> <td>33.9552</td> <td>-5.8973</td> <td>57.5906</td> <td>55.6508</td> <td>14.245</td> <td>41.4058</td> <td>1.895</td> </tr> <tr> <td>Patient4</td> <td>24.5844</td> <td>3.852</td> <td>38.6938</td> <td>44.1362</td> <td>5.8204</td> <td>38.3058</td> <td>123.4135</td> <td>23.3608</td> <td>3.764</td> <td>38.8222</td> <td>43.9317</td> <td>5.6583</td> <td>38.2734</td> <td>123.368</td> </tr> <tr> <td>Patient94</td> <td>30.0521</td> <td>18.9486</td> <td>56.029</td> <td>46.9482</td> <td>4.694</td> <td>42.2542</td> <td>10.1012</td> <td>30.3694</td> <td>19.3517</td> <td>54.8886</td> <td>60.0977</td> <td>17.866</td> <td>42.1317</td> <td>5.0057</td> </tr> <tr> <td>Patient95</td> <td>36.3082</td> <td>4.084</td> <td>43.7405</td> <td>49.7858</td> <td>6.858</td> <td>42.9278</td> <td>11.509</td> <td>36.6499</td> <td>3.454</td> <td>56.4675</td> <td>49.2066</td> <td>7.4596</td> <td>41.747</td> <td>14.4595</td> </tr> <tr> <td>Patient96</td> <td>14.177</td> <td>2.4988</td> <td>50.5975</td> <td>41.6976</td> <td>3.7662</td> <td>37.9314</td> <td>-13.1692</td> <td>15.365</td> <td>2.0551</td> <td>50.6625</td> <td>42.405</td> <td>3.8922</td> <td>38.5128</td> <td>-1.3564</td> </tr> <tr> <td>Patient97</td> <td>12.986</td> <td>7.6206</td> <td>47.922</td> <td>55.7089</td> <td>14.9803</td> <td>40.7286</td> <td>-4.3608</td> <td>13.088</td> <td>1.4368</td> <td>37.9999</td> <td>54.9688</td> <td>14.6986</td> <td>40.2702</td> <td>-4.2303</td> </tr> <tr> <td>Patient98</td> <td>17.75</td> <td>21.416</td> <td>51.3129</td> <td>64.3182</td> <td>22.604</td> <td>41.7142</td> <td>-62.194</td> <td>17.816</td> <td>22.8668</td> <td>54.3781</td> <td>63.9834</td> <td>22.496</td> <td>41.4874</td> <td>-62.11</td> </tr> <tr> <td>Patient99</td> <td>34.831</td> <td>5.4916</td> <td>87.7088</td> <td>76.2222</td> <td>28.7752</td> <td>47.447</td> <td>21.2635</td> <td>34.6217</td> <td>-1.8392</td> <td>61.7136</td> <td>95.3886</td> <td>28.5376</td> <td>66.851</td> <td>21.9708</td> </tr> <tr> <td>Patient100</td> <td>37.646</td> <td>8.8982</td> <td>49.5316</td> <td>47.3912</td> <td>11.841</td> <td>35.5502</td> <td>35.612</td> <td>21.2102</td> <td>-0.5941</td> <td>49.6924</td> <td>49.1297</td> <td>13.233</td> <td>35.8967</td> <td>35.6216</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. AI 결과와 기준 값의 차이 평균 계산</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>TK</th> <th>TLK</th> <th>LL</th> <th>PI</th> <th>PT</th> <th>SS</th> <th>SVA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>두 임상 의 간 지표 평균</td> <td>30.49015</td> <td>11.37102</td> <td>48.22511</td> <td>52.43134</td> <td>15.36126</td> <td>37.07667</td> <td>27.20563</td> </tr> <tr> <td>AI 측정값</td> <td>23.39325</td> <td>4.12901</td> <td>41.3398</td> <td>45.49053</td> <td>8.161728</td> <td>29.87027</td> <td>6.47041</td> </tr> <tr> <td>임상의 측정-AI 측정 차이</td> <td>-7.0969</td> <td>-7.23912</td> <td>-6.88531</td> <td>-6.94084</td> <td>7.199536</td> <td>-7.20647</td> <td>6.693074</td> </tr> <tr> <td>평균 차이값</td> <td colspan="7">7.037319586</td> </tr> </tbody> </table>			AI 알고리즘								TK_AI	TLK_AI	LL_AI	PI_AI	PT_AI	SS_AI	SVA_AI	TK_AI	TLK_AI	LL_AI	26.04796	0.98	34.98	49.18	10.65	32.87	61.34	14.86765	4.69	58.03	11.32477	4.28	49.28	38.25	19.19	31.63	-9.13	28.47888	3.81	43.95	22.62172	4.84	26.24	52.09	31.64	29.22	26.1	20.66989	5.01	26.24	16.77816	4.34	22.32	56.77	20.94	38.29	45.21	27.90919	3.76	54.65	10.31426	3.68	44.04	42.66	17.45	28.04	49.82	21.06272	4.93	48.32	29.65308	4.53	20.82	36.56	18.71	28.07	30.86					임상의 1					임상의 2					TK_S1	TLK_S1	LL_S1	PI_S1	PT_S1	SS_S1	SVA_S1	TK_S2	TLK_S2	LL_S2	PI_S2	PT_S2	SS_S2	SVA_S2	Patient1	36.828	1.8944	50.1971	45.9733	7.3121	38.6612	39.325	32.5845	1.1937	49.7624	51.6366	3.6262	48.0104	39.3642	Patient2	57.714	3.3359	55.8403	53.9876	16.5376	37.45	10.9932	35.3483	5.53	70.0779	54.1292	13.9392	40.19	28.4038	Patient3	32.6088	7.3726	53.7798	31.2211	14.3232	16.8979	1.62	33.9552	-5.8973	57.5906	55.6508	14.245	41.4058	1.895	Patient4	24.5844	3.852	38.6938	44.1362	5.8204	38.3058	123.4135	23.3608	3.764	38.8222	43.9317	5.6583	38.2734	123.368	Patient94	30.0521	18.9486	56.029	46.9482	4.694	42.2542	10.1012	30.3694	19.3517	54.8886	60.0977	17.866	42.1317	5.0057	Patient95	36.3082	4.084	43.7405	49.7858	6.858	42.9278	11.509	36.6499	3.454	56.4675	49.2066	7.4596	41.747	14.4595	Patient96	14.177	2.4988	50.5975	41.6976	3.7662	37.9314	-13.1692	15.365	2.0551	50.6625	42.405	3.8922	38.5128	-1.3564	Patient97	12.986	7.6206	47.922	55.7089	14.9803	40.7286	-4.3608	13.088	1.4368	37.9999	54.9688	14.6986	40.2702	-4.2303	Patient98	17.75	21.416	51.3129	64.3182	22.604	41.7142	-62.194	17.816	22.8668	54.3781	63.9834	22.496	41.4874	-62.11	Patient99	34.831	5.4916	87.7088	76.2222	28.7752	47.447	21.2635	34.6217	-1.8392	61.7136	95.3886	28.5376	66.851	21.9708	Patient100	37.646	8.8982	49.5316	47.3912	11.841	35.5502	35.612	21.2102	-0.5941	49.6924	49.1297	13.233	35.8967	35.6216		TK	TLK	LL	PI	PT	SS	SVA	두 임상 의 간 지표 평균	30.49015	11.37102	48.22511	52.43134	15.36126	37.07667	27.20563	AI 측정값	23.39325	4.12901	41.3398	45.49053	8.161728	29.87027	6.47041	임상의 측정-AI 측정 차이	-7.0969	-7.23912	-6.88531	-6.94084	7.199536	-7.20647	6.693074	평균 차이값	7.037319586						
		AI 알고리즘																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
TK_AI	TLK_AI	LL_AI	PI_AI	PT_AI	SS_AI	SVA_AI	TK_AI	TLK_AI	LL_AI																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
26.04796	0.98	34.98	49.18	10.65	32.87	61.34	14.86765	4.69	58.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
11.32477	4.28	49.28	38.25	19.19	31.63	-9.13	28.47888	3.81	43.95																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
22.62172	4.84	26.24	52.09	31.64	29.22	26.1	20.66989	5.01	26.24																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
16.77816	4.34	22.32	56.77	20.94	38.29	45.21	27.90919	3.76	54.65																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
10.31426	3.68	44.04	42.66	17.45	28.04	49.82	21.06272	4.93	48.32																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
29.65308	4.53	20.82	36.56	18.71	28.07	30.86																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	임상의 1					임상의 2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	TK_S1	TLK_S1	LL_S1	PI_S1	PT_S1	SS_S1	SVA_S1	TK_S2	TLK_S2	LL_S2	PI_S2	PT_S2	SS_S2	SVA_S2																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Patient1	36.828	1.8944	50.1971	45.9733	7.3121	38.6612	39.325	32.5845	1.1937	49.7624	51.6366	3.6262	48.0104	39.3642																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Patient2	57.714	3.3359	55.8403	53.9876	16.5376	37.45	10.9932	35.3483	5.53	70.0779	54.1292	13.9392	40.19	28.4038																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Patient3	32.6088	7.3726	53.7798	31.2211	14.3232	16.8979	1.62	33.9552	-5.8973	57.5906	55.6508	14.245	41.4058	1.895																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Patient4	24.5844	3.852	38.6938	44.1362	5.8204	38.3058	123.4135	23.3608	3.764	38.8222	43.9317	5.6583	38.2734	123.368																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Patient94	30.0521	18.9486	56.029	46.9482	4.694	42.2542	10.1012	30.3694	19.3517	54.8886	60.0977	17.866	42.1317	5.0057																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Patient95	36.3082	4.084	43.7405	49.7858	6.858	42.9278	11.509	36.6499	3.454	56.4675	49.2066	7.4596	41.747	14.4595																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Patient96	14.177	2.4988	50.5975	41.6976	3.7662	37.9314	-13.1692	15.365	2.0551	50.6625	42.405	3.8922	38.5128	-1.3564																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Patient97	12.986	7.6206	47.922	55.7089	14.9803	40.7286	-4.3608	13.088	1.4368	37.9999	54.9688	14.6986	40.2702	-4.2303																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Patient98	17.75	21.416	51.3129	64.3182	22.604	41.7142	-62.194	17.816	22.8668	54.3781	63.9834	22.496	41.4874	-62.11																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Patient99	34.831	5.4916	87.7088	76.2222	28.7752	47.447	21.2635	34.6217	-1.8392	61.7136	95.3886	28.5376	66.851	21.9708																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Patient100	37.646	8.8982	49.5316	47.3912	11.841	35.5502	35.612	21.2102	-0.5941	49.6924	49.1297	13.233	35.8967	35.6216																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	TK	TLK	LL	PI	PT	SS	SVA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
두 임상 의 간 지표 평균	30.49015	11.37102	48.22511	52.43134	15.36126	37.07667	27.20563																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
AI 측정값	23.39325	4.12901	41.3398	45.49053	8.161728	29.87027	6.47041																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
임상의 측정-AI 측정 차이	-7.0969	-7.23912	-6.88531	-6.94084	7.199536	-7.20647	6.693074																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
평균 차이값	7.037319586																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

# 실시간 상호작용 가능한 정밀 분석 환경



**KMAIN**  
RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER

**LOGIN**

아이디  
로그인 계정(email)

비밀번호  
로그인 비밀번호

로그인

회원가입

**25년시연프로젝트**

Search

Export Upload

No	Status	Patient ID	Patient Name	Gender	BirthDay	Imported At	Study Date	Series	Study Description	Modality	Note	Tags
1	Thorax	00912743_01	KIM HYEON SOOK	F	19601115	20250206	20210630	1		DX	Note	(T)
2	Cervical	27925443_02	JOH YONG HO****	M	19520607	20250113	20240618	1		DX	Note	(C)
3	Cervical	27925443_01	JOH YONG HO	M	19520607	20250113	20240912	1		DX	Note	(C)
4	Cervical	27918583_01	HAN SANG JIN	M	19700727	20250113	20240902	1		DX	Note	(C)
5	Cervical	27802863_01	DOO HYEON KWAN	M	19770904	20250113	20240909	1		DX	Note	(C)
6	Lumbar	01372313_01	SUNG SOON HEI	F	19470709	20250113	20240210	1		DX	Note	(C)
7	Lumbar	00861893_01	JUNG KWANG LYE	F	19470213	20250113	20240709	1		DX	Note	(C)
8	Lumbar	00104803_02	CHOI KYEONG YEON	M	19500525	20250113	20240213	1		DX	Note	(C)
9	Thorax	01316223_01	LEE TAE PYEONG	M	19591215	20250113	20240807	1		DX	Note	(T)
10	Thorax	01255283_01	PARK KEUM SOON	F	19540425	20250113	20240119	1		DX	Note	(T)
11	Thorax	00980363_01	KWON MYEONG SE...	F	19491220	20250113	20240104	1		DX	Note	(T)
12	Thorax	00613493_01	LEE YEON SOOK	F	19600103	20250113	20240729	1		DX	Note	(T)
13	Whole	00175113_01	CHOI LAK MOON	M	19470315	20250113	20240209	1		DX	Note	(W)
14	Whole	00137013_01	JOH SO JA	F	19410702	20250113	20240719	1		DX	Note	(W)
15	Whole	00104803_01	CHOI KYEONG YEON	M	19500525	20250113	20240618	1		DX	Note	(W)
16	Whole	00025700_01	LEE YEONG JOO	F	19671203	20250113	20240219	1		DX	Note	(W)

로그인 화면

목록 화면



**KMAIN**  
RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER

PACS

프로젝트

2025. 분당서울대병원, 김선영...  
2020. 김병원, 유정재, DBT  
2025. 기능주거센터  
25년시연프로젝트  
Video Segmenter Test  
PROJECT\_TEST  
(영시)2024\_KMAIN\_척주DBA...  
2024\_KMAIN\_척주DBA)  
2024\_KMAIN\_척주DBA)  
9999. Jbriest  
9999. Jbriest1  
9999. 99부기준 테스트  
2024. 세브란스, 육방  
(영시)2021. 김병원, 뒤타래사...  
(영시)2021. 김병원, 뒤타래사...  
(영시)2021. 김병원, 뒤타래사...  
(영시)2021. 김병원, 뒤타래사...  
2021. 김병원, 육방준, 뒤타래사...  
Infinit  
2024. 시사리, 가리개절대

설정

회원 관리  
소속기관 관리  
그룹 관리  
프로젝트 관리

분석 화면

**프로젝트 관리**

프로젝트 목록

NO	프로젝트명	디렉터명	상태	Orthanc URL	Orthanc Port	Orthanc Web Port	Description	등록일자
30	PACS	김민우	Active	http://localhost:1112	1112	18042		2025-02-25
29	2025_분당서울대병원, 김선영, 유방	김영재	Active	http://localhost:4279	4279	8079	분당서울대병원 김선영교수님 ...	2025-02-25
28	2020_김병원_김정재_DBT	김영재	Active	http://localhost:4278	4278	8078	분부저번주거센터가리개사업	2025-02-25
27	2025. 기능주거센터 Video Segmenter Test PROJECT_TEST	황철준	Active	http://localhost:4277	4277	8077		2025-02-23
26	25년시연프로젝트	황철준	Active	http://localhost:4276	4276	8076	25년 시연용 위한 프로젝트	2025-01-12
25	Video Segmenter Test	이준호	Active	http://localhost:4275	4275	8075	SAM4 VIDEO Segm...	2025-01-08
24	PROJECT_TEST	황철준	Inactive	http://localhost:4274	4274	8074	프로젝트 기능 검증용	2024-12-21
23	(영시)2024_KMAIN_척주DBA(영주)	김영재	Inactive	http://localhost:4273	4273	8073		2024-12-09
22	2024_ACCESS_2(CT)	김영재	Inactive	http://localhost:4271	4271	8071		2024-10-17
21	2024_KMAIN_척주DBA)	김영재	Active	http://localhost:4270	4270	8070		2024-10-13

관리 화면

(c) Report - table

Spinal Deformity Analysis Results (Table 1)

Metric	McGregor Line	BDI	BAI	Powers Ratio
Normal Range		(<10.0)	(4.0-12.0)	(0.70-1.00)
Predicted Value	90.8	9.5	0.5	0.63

Spinal Deformity Analysis Results (Table 2)

Metric	ADI	SAC	T1 Angle	cVA	CL
Normal Range	(<3.0)	(20.0-40.0)	(20.0-40.0)	(0.0-40.0)	(20.0-40.0)
Predicted Value	1.2	19.4	25.33	33.0	15.27

State

- Fill
- Line
- Free Hand
- Tools
- Length
- CobbAngle
- Angle

### Patient Note

**Findings**

Findings

**Conclusion**

Conclusion

취소 저장

(a) AI segmentation

(b) Report - visualization

(d) Tools

(e) Record

Spinal Deformity Analysis Results (Table 1)

Metric	McGregor Line	BDI	BAI	Powers Ratio
Normal Range		(<10.0)	(4.0-12.0)	(0.70-1.00)
Predicted Value	90.8	9.5	0.5	0.63

Spinal Deformity Analysis Results (Table 2)

Metric	ADI	SAC	T1 Angle	cVA	CL
Normal Range	(<3.0)	(20.0-40.0)	(20.0-40.0)	(0.0-40.0)	(20.0-40.0)
Predicted Value	1.2	19.4	25.33	33.0	15.27

Powers Ratio: 0.63

BDI (9.54 mm)

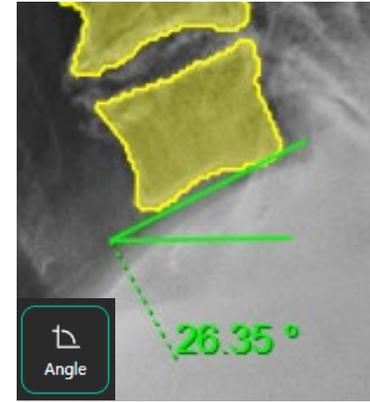
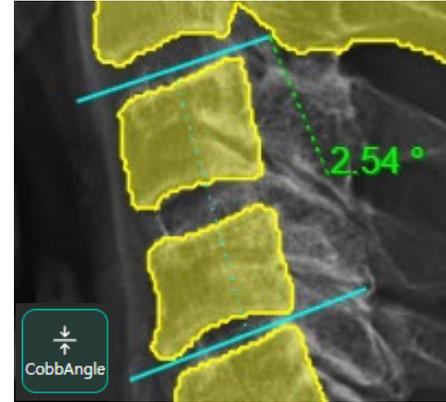
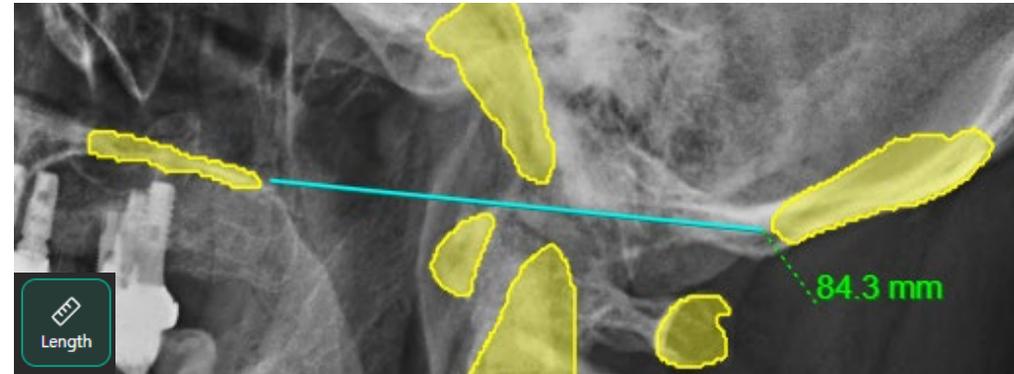
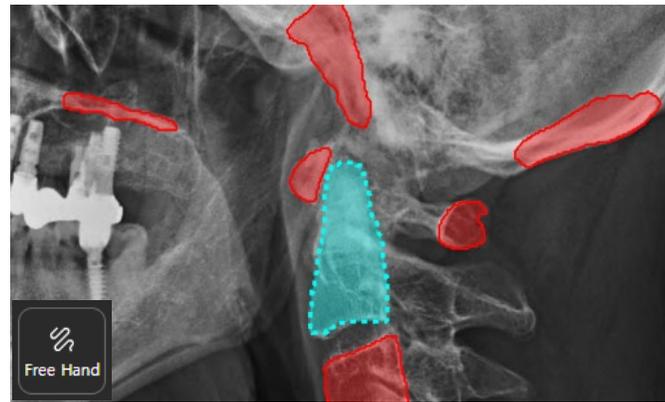
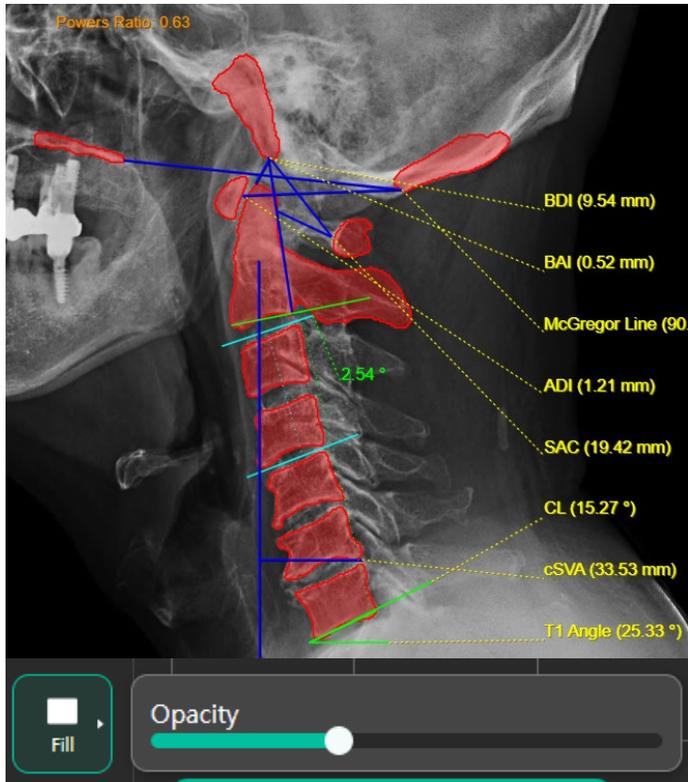
BAI (0.52 mm)

Powers Ratio: 0.50

Powers Ratio (0.70-1.00)

0.50

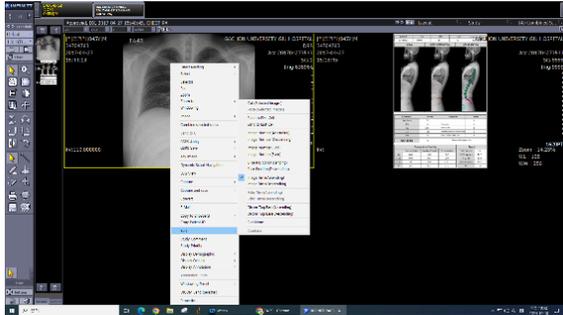
# Dynamic Report [Measuring tools]



실시간 추론 **마스크 수정** 기능  
과 측정값 **자동 갱신**

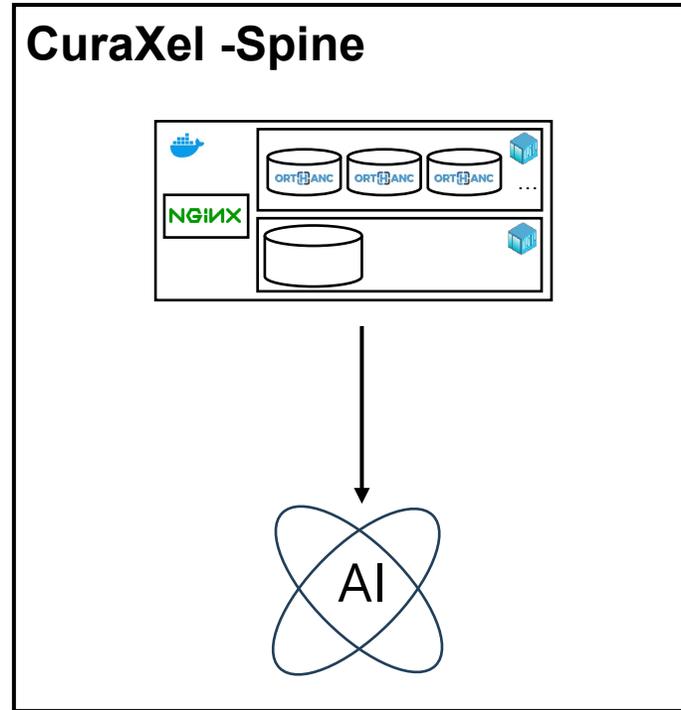
의료진의 **측정값 수동 개입** 수정  
및 실시간 **가시화** 기능

## PACS Interface



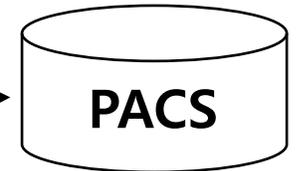
PACS Viewer

send → receive



AI Segmentation  
+  
Report

send → receive



병원 PACS 에서 영상 데이터 선택  
- > AI 서버 전송

척추체 분할 및 Report 결과  
PACS 전송

# 웹(Web) 기반 정밀 분석 AI 솔루션 시연 – Whole Spine

CuraXel-Spine
관리자 박준표 (given\_ticket@outlook.kr)

Capture
Export CSV
Export Report
Export DICOM
Shortcuts

AI segmentation
Report

State

Fill

Free Hand

Tools

Mark

Length

CobbAngle

Angle

Arrow

Label

Probe

Cervical Thoracic Lumbar **Whole**

#0000

WW : 16383  
WL : 8192



Work List

Series List

Patient Info

Patient Note

Version Info

Report

Patient Information

ID	Name	Sex	Age	Acquisition Date
-	-	-	-	-

GAP Score

Value	Subgroup
-	-

Parameters

Metric	Result	Subgroups	Scores
Preoperative Planning			
Metric	Current Angle	Calculated Ideal	Correction Required

Report

Metric	Value
-	-

Annotations

All AI Seg Report All Delete Lock

AI Segmentation [PlanarFreehand tool]  
Report & Annotations

Annotation Edit History

Save

Institution: -  
Date of Study: 20170926  
Patient: -  
Sex: -  
Age: -  
CT Model: Discovery XR656  
Slice Thickness: N/A mm  
Kilovoltage Peak (kVp): N/A kVp  
Tube Current: N/A mAs  
Study Description: SCOLIOSIS(T,L-SPINE AP/LAT)  
Series Description: Spine

1 / 1

1 / 1

# 웹(Web) 기반 정밀 분석 AI 솔루션 시연 – Cervical Spine

CuraXel-Spine
관리자 박준표 (given\_ticket@outlook.kr)

State
Fill
Free Hand
Tools
Mark
Length
CobbAngle
Angle
Arrow
Label
Probe

Capture
Export CSV
Export Report
Export Dicom
Shortcuts

AI segmentation
Report

#0000
C

WW : 16383  
WL : 8192



Institution: -  
Date of Study: 20240618  
Patient: -  
Sex: -  
Age: -  
CT Model: Discovery XR656  
Slice Thickness: N/A mm  
Kilovoltage Peak (kVp): 75 kVp  
Tube Current: 321 mAs  
Study Description: C-SPINE AP&LAT(NEUT&FLEX&EXT)  
Series Description: Cervical-spine

1 / 1

Report

Spinal Deformity Analysis Results (Table 1)

Metric	McGregor Line	BDI	BAI	Powers Ratio
Normal Range		(<10.0)	(4.0-12.0)	(0.70-1.00)
Predicted Value	-	-	-	-

Spinal Deformity Analysis Results (Table 2)

Metric	ADI	SAC	T1 slope	cSVA	CL
Normal Range	(<3.0)	(20.0-40.0)	(20.0-40.0)	(0.0-40.0)	(20.0-40.0)
Predicted Value	-	-	-	-	-

1 / 1

Annotations

All
AI Seg
Report
All Delete
Lock

AI Segmentation [PlanarFreehand tool]  
Report & Annotations

Annotation Edit History

Save

# 웹(Web) 기반 정밀 분석 AI 솔루션 시연 – Thoracic Spine

### CuraXel-Spine

관리자 박준표 (given\_ticket@outlook.kr)

State: Cervical **Thoracic** Lumbar Whole

Tools: Fill, Free Hand, Mark, Length, CobbAngle, Angle, Arrow, Label, Probe

Work List, Series List, Patient Info, Patient Note, Version Info

#0000  
WW : 4094  
WL : 2046.5



Institution: -  
Date of Study: 20210630  
Patient: -  
Sex: -  
Age: -  
CT Model: DigitalDiagnost  
Slice Thickness: N/A mm  
Kilovoltage Peak (kVp): 73 kVp  
Tube Current: N/A mAs  
Study Description: T Spine  
Series Description: T Spine

1 / 1

Report

**[How to use] Thoracic**  
Please select annotations and click the Report button.  
- Select 2 : Angle  
- Select 3 : CR

Annotations

All AI Seg Report All Delete Lock

AI Segmentation [PlanarFreehand tool]  
Report & Annotations

Annotation Edit History

Save

Export: Capture, Export CSV, Export Report, Export Dicom, Shortcuts

AI segmentation Report

# 웹(Web) 기반 정밀 분석 AI 솔루션 시연 – Lumbar Spine

### CuraXel-Spine

관리자 박준표 (given\_ticket@outlook.kr)

State: Cervical Thoracic **Lumbar** Whole

#0000

WW : 4095  
WL : 2047.5

Tools: Fill, Free Hand, Mark, Length, CobbAngle, Angle, Arrow, Label, Probe

Work List, Series List, Patient Info, Patient Note, Version Info

Institution: -  
Date of Study: 20240510  
Patient: -  
Sex: -  
Age: -  
CT Model: DRX-EVOLUTION  
Slice Thickness: N/A mm  
Kilovoltage Peak (kVp): 85 kVp  
Tube Current: 560 mAs  
Study Description: L-S-SPINE SUPINE AP,3LAT(NEUT,FLEX,EXT)  
Series Description: LATERAL

1 / 1

Report

**[How to use] Lumbar**  
Please select annotations and click the Report button.

- Select 2 : Angle
- Select 3 : CR

Annotations: All, AI Seg, Report, All Delete, Lock

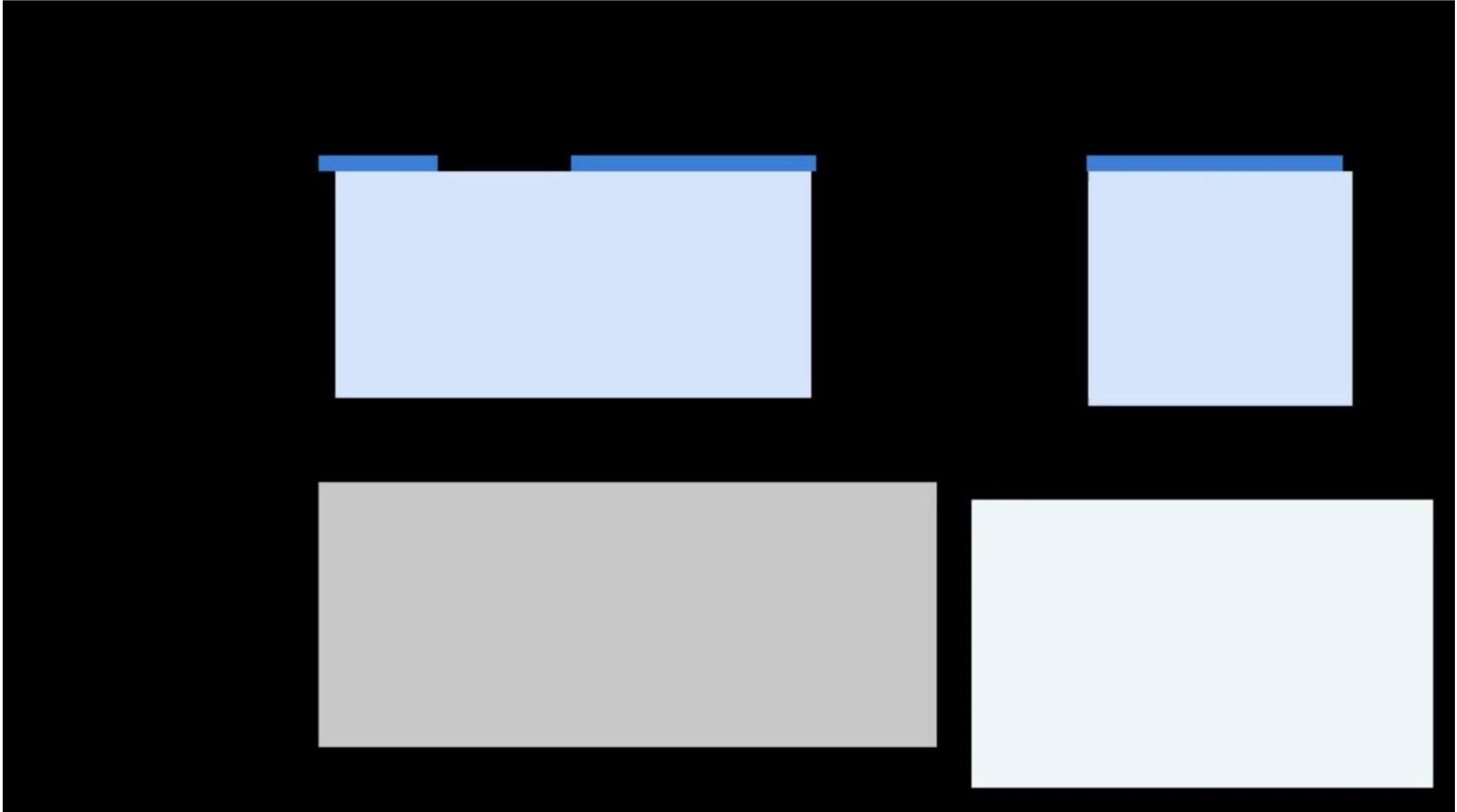
AI Segmentation [PlanarFreehand tool]  
Report & Annotations

Annotation Edit History

Save

Capture, Export CSV, Export Report, Export Dicom, Shortcuts

AI segmentation, Report



# 04 결론 및 향후 방향

Conclusion & Future Directions

- 1 X-ray에서 척추변형 자동분석을 위한 AI 기술 요약
- 2 추진 목적 및 기대효과

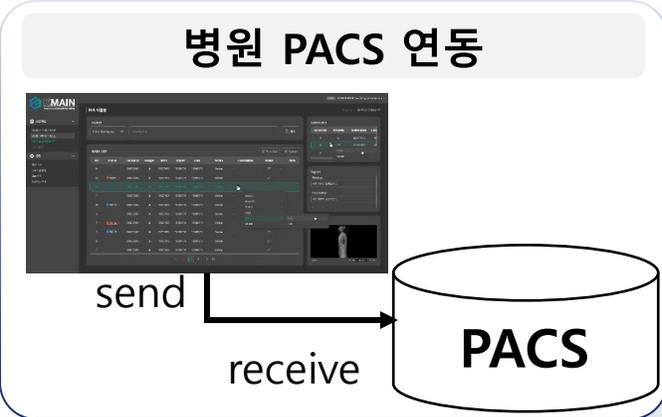
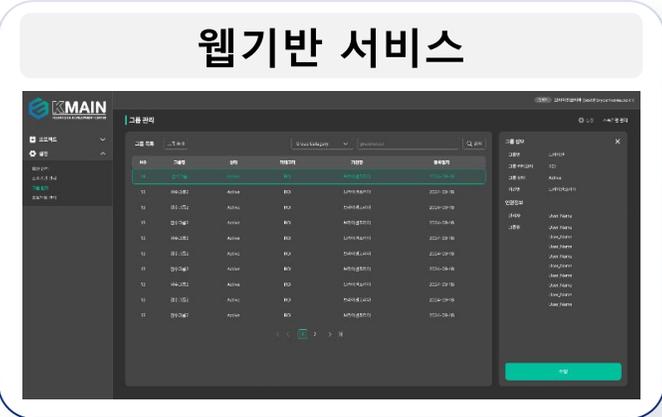
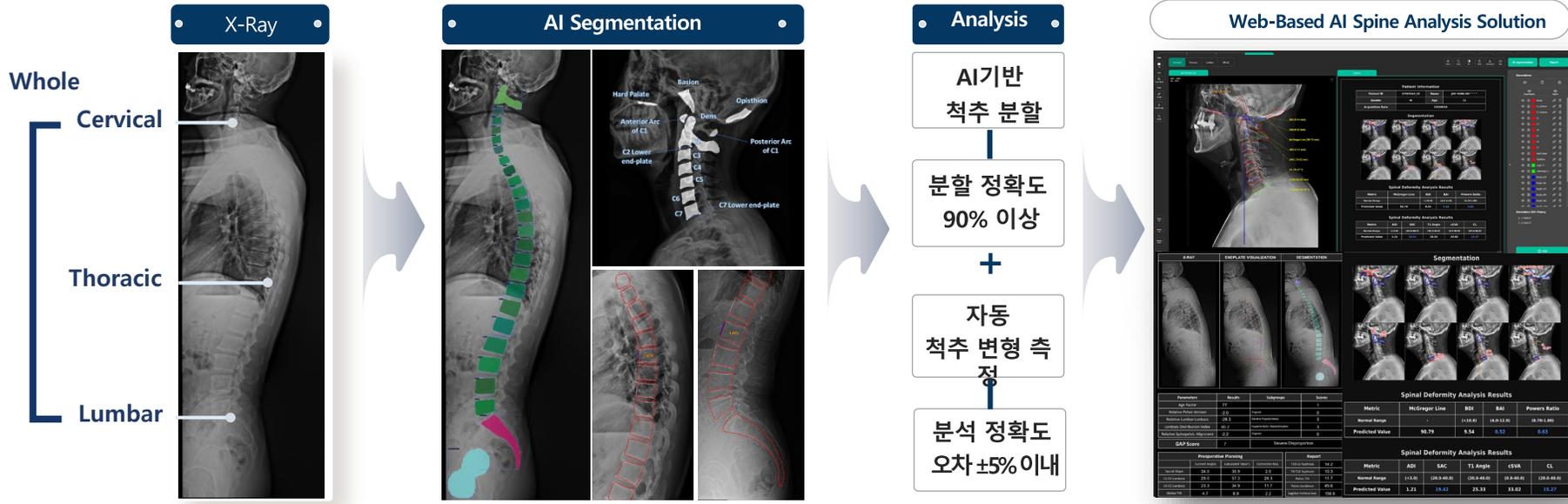
# X-ray에서 척추변형 자동분석을 위한 AI 기술 요약

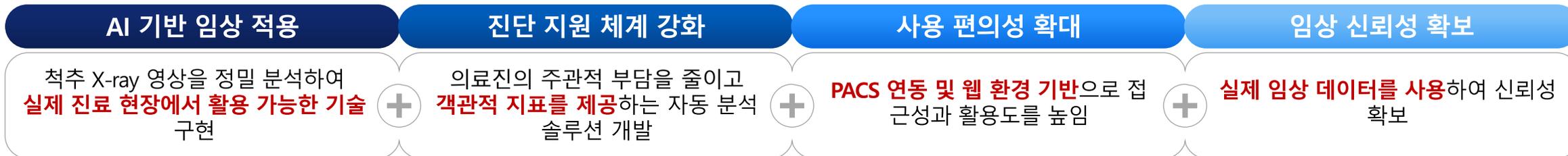
## 핵심 강점

신속한 분석 가능 :  
1분 이내 분석 결과 제공

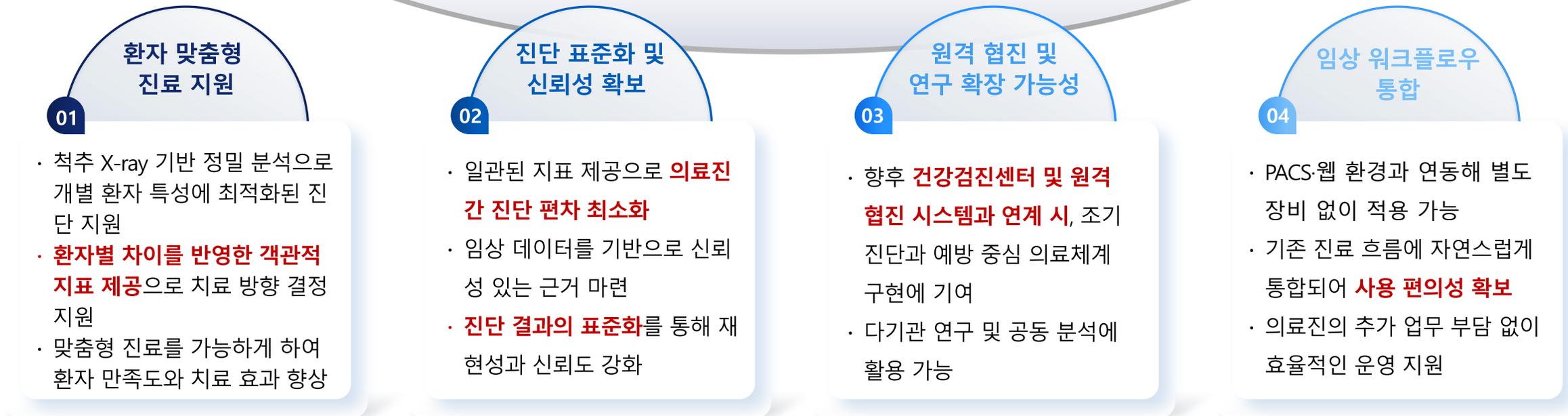
높은 정확도  
일관성 확보

의료진 부담 감소  
및 업무 효율성 향상





“ **X-ray에서 척추변형 자동분석을 위한 AI 기술** ”



# 감사합니다



+82-10-2648-2292



kimyj10528@gmail.com