

# TW3 정리

## <What is TW3?>

- 왼손 수골 X-ray 이미지에서 13곳의 성장판의 골성속도를 판정해 점수 비교
- 그 점수의 합으로 RUS라고 불리는 골성속점수를 계산해 골연령을 측정
- 측정한 골연령으로 최대신장을 예측

## <Progress>

1. 좌측 수골 영상을 이용해 13곳의 관심 영역의 성장 단계 판독(20곳인 경우도 있음)

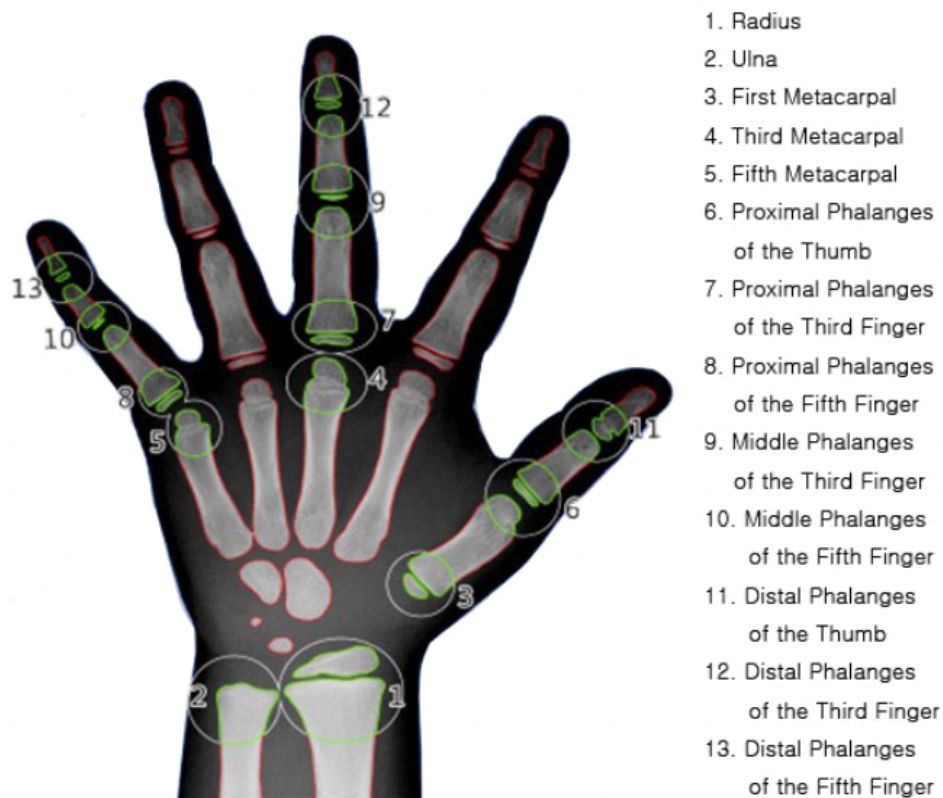


Fig. 1 Separation Position of Hand Bone

2. TW3 방법상에서 성장단계를 A부터 Ulna의 경우 H, 나머지 부위의 경우 I까지로 분류
  - A: 골 발달이 전혀 이루어지지 않은 상태 (데이터 많이 부족)
  - H, I: 성장이 모두 완료된 상태

3. 촬영된 좌측 수골 엑스레이 영상에 대해 B~H, 혹은 I까지의 판독을 마친 후, 가중치를 모두 더해줌

Table. 1 Bone Growth Weighted Score(Boy)

	B	C	D	E	F	G	H	I
Radius	16	21	30	39	59	87	138	213
Ulna	27	30	32	40	58	107	181	
Met1	6	9	14	21	26	36	49	67
Met3	4	5	9	12	19	31	43	52
Met5	4	6	9	14	18	29	43	52
Pph1	7	8	11	17	26	38	25	67
Pph3	4	4	9	15	23	31	40	53
Pph5	4	5	9	15	21	30	39	51
Mph3	4	6	9	15	22	32	43	52
Mph5	6	7	9	15	23	32	42	49
Dph1	5	6	11	17	26	38	46	66
Dph3	4	6	8	13	18	28	34	49
Dph5	5	6	9	13	18	27	34	48

Table. 2 Bone Growth Weighted Score(Girl)

	B	C	D	E	F	G	H	I
Radius	23	30	44	56	78	114	160	218
Ulna	30	33	37	45	74	118	173	
Met1	8	12	18	24	31	43	53	67
Met3	5	8	12	16	23	37	47	53
Met5	6	9	12	17	23	35	48	52
Pph1	9	11	14	20	31	44	56	67
Pph3	5	7	12	19	27	37	44	54
Pph5	6	7	12	18	26	35	42	51
Mph3	6	8	12	18	27	36	45	52
Mph5	7	8	12	18	28	35	43	49
Dph1	7	9	15	22	33	51	51	68
Dph3	7	8	11	15	22	37	37	49
Dph5	7	8	11	15	22	36	36	47

4. 그렇게 하여 구해진 13개의 가중치를 모두 더해 최종 RUS 값을 도출  
 5. 이렇게 도출된 RUS 값을 통하여 다음의 최대 신장 예측 식을 이용해 최대 신장을 구함

$$y = x + 97 - (age * 6) \quad (1)$$

$$y = x + 85 - (age * 6) \quad (2)$$

$$y = x + a * (RUS\ SCORE) + b \quad (3)$$

여기서,  $y$  = 예측된 최대신장,  $x$  = 현재신장  
 (남아)

$$a = -(0.0402 - 0.00632(age - 14) - 0.00155(age - 14)^2 + 0.00019(age - 14)^3)$$

$$b = 37.62 - 5.50(age - 14) - 0.799(age - 14)^2$$

(여아, 초경 전)

$$a = -(0.0436 - 0.00379(age - 11))$$

$$b = 44.02 - 3.784(age - 11) - 0.0247(age - 11)^2 - 0.0365(age - 11)^3$$

(여아, 초경 후)

$$a = -0.011$$

$$b = 16.54 - 1.94(age - 11) + 0.230(age - 11)^2$$

- 수식(1)은 아동의 연령이 4~9세일 때 남아의 계산식
- 수식(2)는 아동의 연령이 4~9세일 때 여아의 계산식

- 수식(3)은 연령의 10~18세에 해당할 때의 계산식

### <TW3 단점>

- 이러한 TW3 방법은 전부 수동으로 진행하기에는 판독 자체에도 시간이 매우 오래 소요됨
- 판독자 개개인에 대한 편차도 존재
- 해결 위해 기존에 히스토그램의 유사도를 기준으로 하여 판독하는 영상처리 알고리즘 존재
  - 판독 대상이 아동이며 병원마다 다른 기계를 사용하는 등의 문제로 인해 프로그램에서 설정한 가이드라인에 정확히 부합하는 영상을 얻어내기 못하는 경우가 많음
  - 가이드라인에 정확히 부합하지 않은 영상을 이용할 경우엔 분리된 수골의 발달단계의 판독에 있어서 매우 낮은 정확도를 보임

### < 논문1 내용>

- 컨볼루션신경망기반의TW3최대신장예측시스템
- 왼손 수골 x-ray 영상을 입력받아 영상 처리 과정을 거쳐 관심영역의 부위를 검출하고, 검출된 관심영역을 CNN 기반의 딥러닝 모델을 이용해 학습시켜 수골의 발달 단계를 판독
- 이와 같이 판독된 단계를 기반으로 TW3 기법에 따라 RUS 값을 도출하여 최대 신장 예측 알고리즘 제안
- 해당 논문에서의 중요 내용
  - 손목 영역에서 관심 영역 → 가장 크기가 큰 영역을 요골, 두 번째 척골로 판단
  - 최대신장 예측을 위해 필요한 손가락 영역 부분 : 엄지, 중지, 새끼손가락

### <논문2 내용>

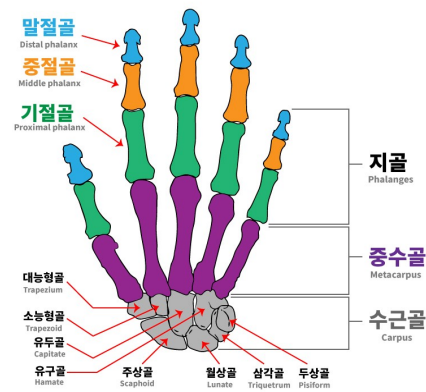
- 소아 Hand AP영상에서 골연령 예측을 위한 TW3법의 응용
- 해당 논문에서의 중요 내용
  - 노뼈(Radius), 자뼈(Ulna) 부위는 가중치가 비교적 높음 (타 논문에서 이 둘에만 집중하는 경우도 있었음)
  - 골 성숙 가중치가 가장 높은 7개의 부위



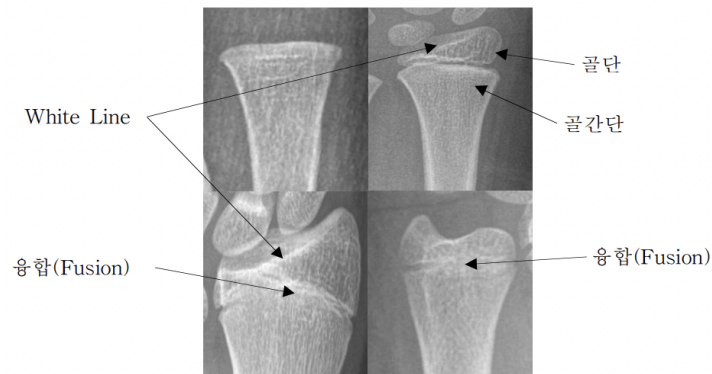
Fig 2. Region of measurement

### <논문3 내용>

- TW3 방법을 이용한 Ulna 및 Radius 뼈의 골등급 자동 측정 알고리즘
- [http://dcollection.kyonggi.ac.kr/public\\_resource/pdf/000000046027\\_20230127232134.pdf](http://dcollection.kyonggi.ac.kr/public_resource/pdf/000000046027_20230127232134.pdf)
- 이후 단계에서 참고하면 좋을 것 같음
- 해당 논문에서의 중요 내용
  - 손목 영역 단계의 손목 영상에서 각 Radius와 Ulna의 ROI로 분리해야함
  - TW3 방법에서는 사용되지 않는 수근골(Carpal Bone)이 많이 포함되어 있기 때문에 이를 최소화하여야 한다.



- 화골핵이 나타나지 않는 A 골 등급인 경우, 골단 (Epiphysis)과 골간단(Metaphysis) 표시
- Radius는 I 등급과 Ulna의 H 등급은 융합(Fusion)이 나타나는데 검은 음영(Dark Band)이 사라지는 시점



<그림 14> 골 등급 주요 특징

- 추출된 뼈의 윤곽선을 통해서 골간단부, 골단부의 길이를 측정 불가. 따라서 길이 측정 단계에서 먼저 골단부의 영역과 골간단부의 영역을 추출하는 작업이 선행되어야 함. (지역 가변 이진화(Locally adaptive thresholding)를 통해 골단부와 골간단부의 경계를 추출)
- White Line 판단 방법은 Radius 뼈의 F 등급을 나타냄. 본 연구에서는 주성분 분석(PCA) 통해 White Line 판단. PCA 영상에서 White Line 성분을 찾기 위해 Otsu 이진화 방법을 사용(Otsu의 이진화 방법은 임계값  $K$ 를 기준으로 영상 픽셀들을 두 클래스로 분류했을 때 두 클래스간의 intra-class variance를 최소화 하거나 또는 inter-class variance를 최대화하는 임계값  $K$ 를 찾는 이진화 방법)
- 각도 계산에서는 Ulna의 E, F의 골단(Epiphysis)의 융기(Projection)과 오목함(Concavity)를 판단. 골단의 왼쪽의 상단점과 골단의 중앙점을 구하여 각도를 계산
- 영상처리 기술로 Radius 뼈의 F, G, H 골등급 특징점 추출에 어려움 있음. 따라서 HOG(Histogram of Oriented Gradients)와 선형 SVM(Support Vector Machine) 학습기 사용해 클래스화 후 골등급 측정. HOG는 영상의 국소 영역에 밝기 분포를 기울기에 대한 방향성 히스토그램을 특징 벡터로 사용하는 방법