



# Normal Development and Variants in Pediatric Bone

## 소아 뼈의 정상 발달과 변이

Hee Jung Kim, MD, Sun Kyoung You, MD\*

Department of Radiology, Chungnam National University Hospital, Chungnam National University College of Medicine, Daejeon, Korea

Normal variants refer to imaging findings that are generally asymptomatic and discovered incidentally, yet may exhibit findings similar to those observed in pathological conditions. Recognizing normal variants in pediatric bone requires comprehension of the developmental process of long tubular bones and secondary ossification centers. Familiarity with various radiological findings of normal variants can prevent unnecessary follow-up imaging tests, as well as incorrect diagnosis and treatment. In this review, we will discuss the characteristic imaging findings of normal variants seen in growing pediatric bones, along with strategies for distinguishing them from pathologic conditions.

**Index terms** Pediatric; Bone; Normal Variant; Secondary Ossification Center

## 서론

정상 변이(normal variants)는 일반적으로 무증상이며 우연히 발견되는 영상 소견을 의미하며, 종종 병적인(pathological) 상황과 구별하기 어려울 수 있다. 소아 뼈의 정상 변이를 인지하기 위해서는 장관 골(long tubular bone)과 이차 골화 중심(secondary ossification center)의 발달 과정에 대한 이해가 필요하다. 이차 골화 중심은 장관 골의 골단(epiphysis)과 견인골단(apophysis)에 불규칙하고 분절화된(fragmented) 경화성(sclerotic) 변화를 보일 수 있어 골절, 골연골증(osteochondrosis), 박리성 골연골염(osteochondritis dissecans; 이하 OCD)과 같은 병적인 상태로 잘못 해석(misinterpretation) 될 수 있다(1). 따라서 정상 변이의 영상 소견을 정확하게 이해하고 유사한 소견을 보일 수 있는 질환들과 구별하는 것은 영상의학과 의사의 중요한 역할 중 하나이다. 본 종설에서는 성장하는 소아의 뼈에서 보이는 정상 변이들의 특징적인 영상 소견들과 함께 이를 병적 상태와 구별하기 위한 방법들에 대해서 논의하고자 한다.

Received February 10, 2024

Revised March 4, 2024

Accepted March 21, 2024

\*Corresponding author

Sun Kyoung You, MD  
Department of Radiology,  
Chungnam National University  
College of Medicine,  
266 Munhwa-ro, Jung-gu,  
Daejeon 35015, Korea.

Tel 82-42-220-8108

Fax 82-42-253-0061

E-mail sunkyou@cnuh.co.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 본론

### 골 형성(Bone Formation)

연골 모형(cartilage model) 중앙부에 최초로 형성되는 골화 중심을 일차 골화 중심(primary ossification center)이라고 하며 태생 12주가 되면 거의 모든 상하지 골에 일차 골화 중심이 나타난다. 이와 같이 연골 모형이 형성된 후 골이 형성되는 과정을 연골내 골화(enchondral ossification)라 한다. 연골내 골화에 의해 대부분의 장관 골(long tubular bone)과 단 골(short bone)이 발생한다.

장관 골은 골간(diaphysis), 골간단(metaphysis), 그리고 골단으로 나누어진다. 일차 골화 중심에 의해 만들어지는 골간은 장관 골의 중앙 부위이다. 골단은 장관 골의 끝부분으로 이차 골화 중심에 의해 만들어진다. 골간단(metaphysis)은 골간과 골단판(physis) 사이 가로로 넓어진 부분이다.

이차 골화 중심과 일차 골화 중심에 의해 형성된 골 사이에 연골로 남아 있는 부분인 골단판은 장관 골의 길이 성장(longitudinal growth)에 중요한 역할을 한다.

이차 골화 중심은 골단과 견인골단에 나타나는데, 대퇴골 원위부 및 경골 근위부 골단에서는 대개 출생 전에 나타나며, 출생 후 다른 부위에서도 발달 과정에 따라 순서대로 나타나기 때문에 골 연령을 추정하는 지표가 된다.

견인골단은 근육이나 힘줄의 부착 부위 역할을 하는 뼈 돌출부(prominence)에 위치하며, 골단과 비슷하게 이차 골화 중심이 생기고 결국 본체에 융합된다. 견인골단은 골의 길이 성장에 기여하지 않는 것이 골단과 다른 점이다.

이차 골화 중심의 출현 및 융합 시기는 부위별로 각각 다르기 때문에 골격 성숙도를 평가하고 골절과 구별하는데 도움이 된다(2). 자기공명영상(이하 MRI)은 골수 부종이나 연조직 이상을 확인하는데 유용하기 때문에 방사선 사진만으로 구별하기 어려운 정상적인 골화 중심과 병적 상황을 구별하는데 도움이 된다(3).

### 신생아 골경화증(Physiologic Osteosclerosis of the Newborn)

신생아의 장관 골은 나이가 많은 어린이의 뼈보다 풍부한 해면체(spongiosa)로 구성되어 있어 종종 상대적으로 두꺼운 피질과 경화성 변화를 보인다(Fig. 1). 이러한 변화는 생후 몇 주에 걸쳐 점차 사라지고 생후 2-3개월경에 소실된다. 이러한 신생아 골경화증을 골화석증(osteopetrosis)이나 자궁 내 감염으로 오인할 수 있지만 신생아 골경화증에서는 정상 뼈 모델링을 보이고 골수 공간이 보존되어 뼈의 취약성이 없기 때문에 골화석증과 쉽게 구별된다(4).

### 신생아의 생리적 골막 반응(Physiologic Periosteal Reaction in the Newborn)

생후 1-4개월 영아(infant)에서 장관 골의 골간 내측이나 외측을 따라 보이는 대칭적인 얇은 (< 2 mm) 골막 반응(periosteal reaction)은 이 시기에는 정상으로 간주된다(Fig. 2). 생리적 골막 하 신생골 형성(physiologic subperiosteal new bone formation)이라고도 불리는데, 해당 시기의 골간 골막의 골모세포(osteoblast)의 막내골화(intramembranous ossification)에 의한 급속

Fig. 1. Physiologic osteosclerosis of newborn.

A. All bones appear dense on day 1 radiograph.

B. Follow-up radiograph on day 14 shows resolution of sclerotic features.

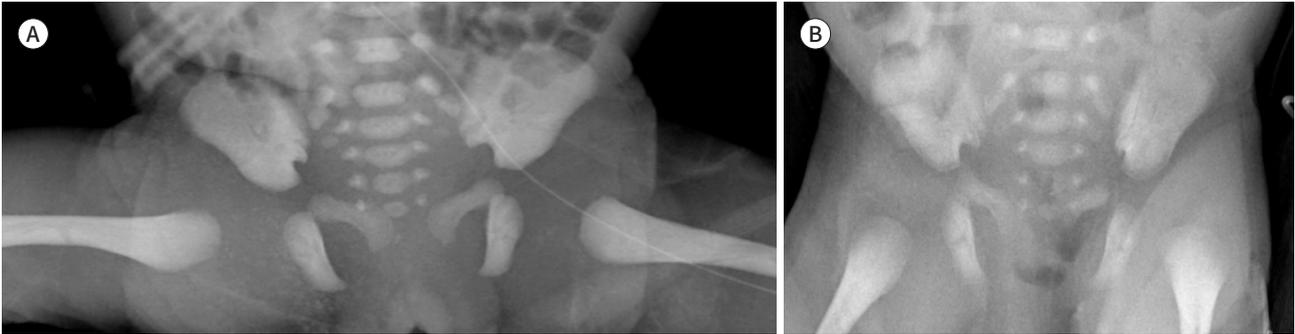


Fig. 2. Thin periosteal reaction (arrows) along the lateral aspect of both femoral diaphyses in a 3-month-old girl.

한 뼈 성장으로 설명이 된다. 이중 피질층이 보이고 기존 피질에 점진적으로 통합된다(5).

생리적 골막 반응은 골간단에 미치지 못하는 것에 반해 병적 골막 반응은 대개 골간단을 침범하며 골단판까지 확장되고 골간단에 파괴적인 이상 소견이 동반될 수 있다는 점이 감별에 도움이 된다(6). 외상성 골막 반응은 생리적 골막 반응에 비해 골간단에서 비대칭적이고 두껍고 불규칙한 경향이 있다.

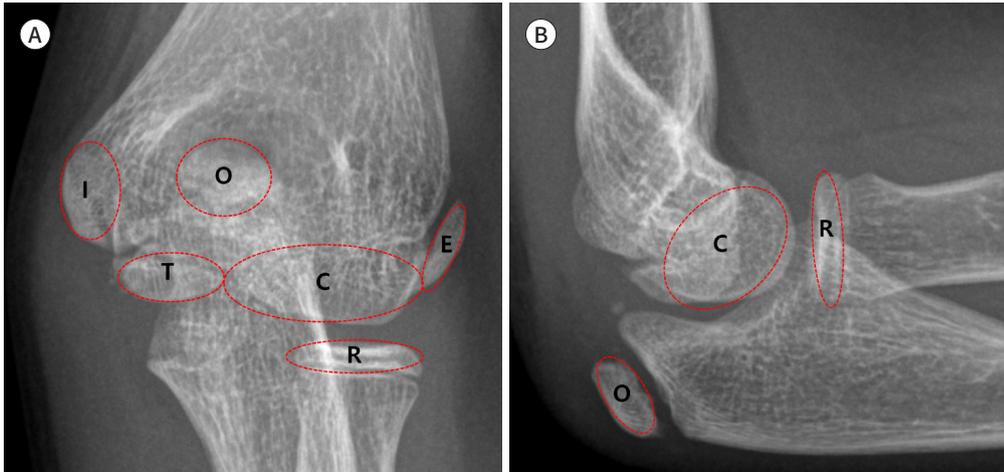
영아에서 피질 과골증(cortical hyperostosis) 소견은 특징적으로 영아 피질 과골증(infantile cortical hyperostosis)이라고도 알려진 Caffey 병(Caffey disease)과 비타민 A 과다증(hypervitaminosis A)에서 보이는데, 환아의 연령과 병변의 분포가 감별진단에 도움이 된다. 5개월 이내 영아의 하악골 침범은 Caffey 병을, 11개월 이후 영아의 중족골 침범은 비타민 A 과다증을 시사한다(2, 6).

### 주관절(Elbow)의 이차 골화 중심

주관절(elbow)에 있는 6개의 이차 골화 중심은 일반적으로 예측 가능한 순서로 나타난다(2). 대개 소두(capitellum), 요골 두(radial head), 내상과(internal/medial epicondyle), 활차(trochlea), 주두(olecranon) 및 외상과(external/lateral epicondyle)의 순서로 출현하기 때문에 첫 글자를 따서 CRITOE라고 기억하는 것이 가장 많이 알려져 있다(Fig. 3). 내상과(I)의 골화 중심은 활차(T)보다 먼저 나타나기 때문에 내상과에서 보이지 않는 골화가 활차에서 보인다면 전위된 내상과 골

**Fig. 3.** Anteroposterior (A) and lateral (B) elbow radiograph shows normal ossification centers.

C = capitulum, E = lateral epicondyle, I = internal epicondyle, O = olecranon, R = radius head, T = trochlea



절의 가능성을 고려해야 한다. 이렇게 이차 골화 중심 출현 순서를 기억하는 것은 정상적인 해부학적 구조 평가에 중요하다.

주관절의 이차 골화 중심 출현 시기는 연령, 성별, 인종에 따라 차이를 보인다고 알려져 있으나, 여아에서 일찍 나타나는 경향이 있다. 2017년에 발표된 연구에 따르면 주관절 골화 중심의 출현 및 융합 연령은 각각 소두(0-1세, 10-15세), 요골 두(2-6세, 12-16세), 내상과(2-8세, 13-17세), 활차(5-11세, 10-18세), 주두(6-11세, 13-16세), 외상과(8-13세, 12-16세)이다(7).

주관절 이차 골화 중심 출현 순서의 정상 변이들 중, 주두(O)의 골화 중심이 활차(T)보다 먼저 나타나는 변이가 가장 흔하게 보고되었다(7-11). CRITOE를 적용하면 이 변형은 주두 골절을 시사하게 되어 주의가 필요하다. 내상과(I) 골화 중심이 요골 두(R) 보다 먼저 나타나는 변이도 보고되었다(9, 11) 이 변이에 CRITOE를 적용하면 내과두(internal/medial condyle) 골절로 오인될 수 있어 주의가 필요하다.

### 가성 골단(Pseudoepiphysis)

장관 골은 양쪽 끝에 골단이 있고, 단 골은 한쪽 끝에 골단이 있다. 따라서 일반적으로 중수골과 중족골의 이차 골화 중심은 한쪽 끝에 있으며 첫 번째는 근위부에, 그 외는 원위부에 위치한다. 골단 골화 중심이 예상되지 않는 비골단성(nonepiphyseal) 말단에서 보이는 골화 중심을 가성 골단이라고 한다. 약 4-5세경에 잘 보이고 골격이 성숙되는 시기에 뼈에 융합된다(12). 한국 만 15세 미만 소아 중수골 가성 골단의 유병률(prevalence)은 13.1%였고, 제1 중수골(9.6%)에서 가장 흔하다고 보고되었다(13). 골피질 양 끝을 모두 관통하는 저음영선은 골단판과 유사하게 보인다. 가성 골단과 축이 융합되는 부위가 패임(notch) 또는 갈림(cleft)으로 보이기 때문에 골절로 오인할 수 있어 주의가 필요하다(Fig. 4).



**Fig. 4.** Pseudoepiphysis at the base of second metacarpal in an 11-year-old boy. The hand radiograph shows notches (arrows) at pseudoepiphysis that can mimic fractures.

### 성장 정지선(Growth Arrest Line)

Parks-Harris선 또는 성장회복선(growth recovery line)이라고도 불리는 성장 정지선은 일반적으로 전신 스트레스나 단일 성장판에 대한 국소적인 장애(disturbance)로 인해 발생하며 골 성장의 변화를 반영한다(3). 이러한 선이 병적인지 생리적 발달의 구성요소인지, 그리고 이것이 성장 정지인지 아니면 성장 회복인지에 대한 논란이 남아있지만, 길이 성장의 정지 또는 일시적 둔화 후에 관찰된다고 알려져 있다(14).

방사선 사진에서 장관 골 골간단의 전체를 가로지르는 골단판에 평행한 얇은 경화성 선으로 보이며 원위 대퇴골과 근위 경골에서 흔하다. 이 소견은 연골내 골화 정지 또는 둔화 기간에 발생하는 골간단 소주(trabeculae)의 석회화를 나타낸다(14). 한국 18세 이하 소아청소년 무릎 방사선 사진에서 우연히 발견된 성장 정지선은 4.8%의 비율로 관찰되었고 80% 이상이 10세 이하 어린이였다고 보고되었다(15). 정상적인 아이들에서 이런 선이 여러 개 나타날 수 있고, 일반적으로 넓은 방사선투과선과 얇은 경화성 선이 교대로 보인다(Fig. 5). 하지만 그 선이 너무 많다면 천식, 당뇨, 악성 종양 등의 만성질환이 있을 가능성이 있다(2). 이전의 감염, 외상 또는 비스포스포네이트 투여를 나타내기도 한다(16). 골단판과 평행한 성장 회복선이 보이는 것은 대칭적인 성장 재개를 나타내기 때문에, 성장 중단 또는 둔화 기간 이후 종방향 성장을 추적하거나 치료에 대한 반응을 평가하는 데 유용하다(14).

### 치밀한 횡적 골간단 선(Dense Transverse Metaphyseal Line)

어린이의 골간단에 나타나는 치밀한 흰색 선의 가장 흔한 원인은 햇빛에 대한 노출이 증가하는 동안 뚜렷해지는 정상적인 골단판의 잠정 석회화대(provisional calcification zone)라고 알려져 있다(6). 원위 대퇴골과 근위 경골에서 보이고 근위 비골에서는 보이지 않는다(17). 이 선을 납 증독에서 보이는 치밀하고 넓은 선(lead line)과 혼동해서는 안 된다. 납 독성은 일차 해면체에서 석



**Fig. 5.** Anteroposterior knee radiograph shows multiple thin sclerotic lines in the distal femur and proximal tibia in a healthy 8-year-old boy.

회화된 연골의 흡수 결함을 유발하고, 이것이 쌓여 골간단 선을 만든다. 정상 골간단 선은 항상 잠정 석회화대에 인접해 있기 때문에, 비정상적으로 경화된 골간단 선이 길이 성장으로 잠정 석회화대에 영역에서 분리된다면 감별이 가능하다(2).

### 횡적 골간단 방사선 투과선(Radiolucent Transverse Metaphyseal Lines)

방사선 투과선(radiolucent line)은 대개 비특이적이지만 골 통증이나 파행(limping)이 있는 환자에서 장관 골 골간단에서 보이는 횡적 방사선 투과선은 급성 백혈병의 흔한 초기 소견이며, 이것이 백혈병 진단의 첫 번째 단서가 될 수 있기 때문에 주의가 필요하다(6). 주로 원위 대퇴골, 근위 경골, 근위 대퇴골 및 근위 상완골에서 보인다. 이 소견은 미취학 아동에서는 백혈병을 암시하는 가장 일반적인 소견이지만, 2세 미만 환자에서는 골 형성을 변화시키는 다른 만성 질환에서도 발견될 수 있기 때문에 급성 백혈병 진단 특이도가 감소한다(18). 선천성 매독(congenital syphilis)에서 광범위한 골격 침범으로 다양한 영상의학적 소견을 보일 수 있는데, 장관 골을 침범하는 경우가 흔하고 골간단에 횡적 방사선 투과선을 보일 수 있다(6).

### 좌골 치골 연골 결합(Ischiopubic Sychondrosis)

운동이 일어나지 않는 부동 관절(synarthrosis) 중에서 연골로 연결된 것을 연골 결합(synchondrosis)이라고 한다. 좌골 치골 연골 결합(ischiopubic synchondrosis; 이하 IPS)은 좌골과 치골이 융합되기 전에 어린이에게 나타나는 일시적인 관절이다. IPS의 골화 속도와 패턴은 매우 다양하고, 대개 10대에 융합이 완료된다.

IPS의 확대(enlargement)는 어린 소아에서 대개 양측성이고, 좀 더 나이가 많은 소아에서는 일

측성으로 보일 수 있다. 방사선 사진에서 우연히 발견되고 대개 무증상이다. 일반적으로 우세다리 (dominant leg)의 반대편에서 더 두드러진다고 알려져 있고, 왼쪽에 더 흔하게 보인다(19). IPS는 골간단 등가 부위(metaphyseal equivalents)이기 때문에 혈류가 느리고 혈관이 많이 분포되어 있어 장골의 골간단과 유사하게 골수염 및 외상에 취약하다(1).

부은 것처럼(swollen) 보이는 융합된 IPS는 정상적인 발달 과정이기 때문에 특히 비대칭인 경우 이것을 가교(callus)를 형성한 골절의 치유로 오인하지 않아야 한다(20). 증상이 없는 경우에도 MRI에서 골수와 인접한 연조직에서 신호 변화(signal alteration)와 조영증강을 보일 수 있기 때문에 종양, 골수염, 또는 외상과 감별하기 어려울 수 있다(Fig. 6) (21).

### 대퇴골두(Femoral Head)

대퇴골두의 이차 골화 중심은 생후 4-6개월에 나타난다. 골화 시기나 골화 중심의 크기에 약간의 차이가 있는 것은 정상이다. 3-6개월 영아의 최대 30%에서 양측 사이에 최소 2 mm의 차이가 존재한다고 보고되었다(22). 대퇴골두의 골화는 거친(coarse) 점상모양(stippled appearance)으로 시작될 수 있으며, 크기가 증가함에 따라 가장자리를 따라 불규칙하게 진행될 수 있다(Fig. 7). 이열성(bifid) 대퇴골두는 드문 정상 변이지만 Legg-Calvé-Perthes 병(Legg-Calvé-Perthes disease; 이하 LCPD)를 모방할 수 있기 때문에 LCPD가 확실히 배제되어야 정상 변이로 진단한다.

### 원위 대퇴골 피질의 불규칙성(Distal Femoral Cortical Irregularity)

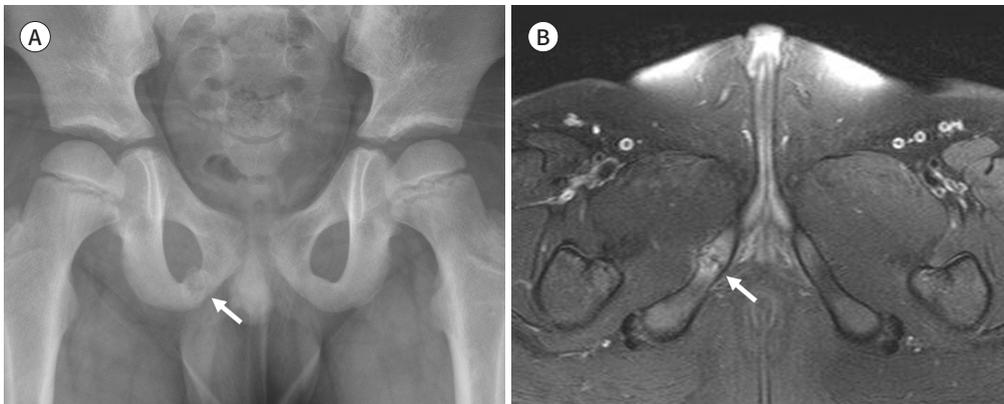
원위 대퇴골 피질의 불규칙성(distal femoral cortical irregularity; 이하 DFCI)은 골간단 후내측에서 보이는 것이 특징적이며 질병으로 오인될 수 있는 흔한 소견이다. 대개는 비복근 내측두의 기시점(origin of the medial head of the gastrocnemius muscle) 또는 대내전근 삽입부(adductor magnus insertion)의 만성 견인(traction)과 관련이 있다고 여겨져 견열성 피질의 불규칙성(avulsive cortical irregularity)이라고 불리기도 한다. 방사선 사진에서 경계가 모호한 투과상(ill defined lucency), 불규칙한 가장자리, 피질에 수직인 골성 침상(osseous spiculation) 등 다양하

**Fig. 6.** Unilateral enlargement of the ischiopubic synchondrosis in a 7-year-old boy with left hip pain.

**A.** Radiograph of the pelvis shows radiolucent swelling (arrow) of the right IPS.

**B.** Axial fat-suppressed T2-weighted image shows hyperintensity (arrow) of the right IPS indicating edema.

IPS = ischiopubic synchondrosis





**Fig. 7.** Radiograph shows the stippled appearance of the ossification center of femoral heads (arrows) in a 6-month-old girl.

**Fig. 8.** Distal femoral cortical irregularity in an 11-year-old girl with transient patellar dislocation (not shown).

**A.** Lateral radiograph shows cortical irregularity (arrow) of the posterior aspect of the distal femoral metaphysis.

**B, C.** Axial fat-suppressed T2-weighted image (**B**) and sagittal multi-echo GRE T2\*-weighted image (**C**) show hyperintense cortical scalloping (short arrows) and a sclerotic margin (long arrow in **B**).



게 보인다. MRI에서는 경화성 테두리와 함께 T1 강조영상에서는 저신호강도를 T2 강조영상에서는 고신호강도를 보이는 피질 침식(cortical scalloping)을 보인다(Fig. 8) (23). Cortical desmoid라고 불리기도 하지만 데스모이드종양(desmoid tumor)과는 상관관계가 없으며, 조직학적으로는 섬유성 피질 결손(fibrous cortical defect) 또는 비골화섬유종(nonossifying fibroma)와 유사하다고 알려져 있다(24). 영상의학적으로 섬유성 피질 결손이나 비골화섬유종은 뼈 내부에서 피질을 침식하는 것처럼 보이고 환자가 성장함에 따라 근위부로 이동하는 경향을 보여 외부 피질 침식을 보이면서 위치가 변하지 않는 DFCI와 구분된다(25).

### 원위 대퇴골 골단의 불규칙한 골화

#### (Irregular Ossification of the Distal Femoral Epiphysis)

대퇴골 원위 골단의 이차 골화 중심은 2-6세 사이에 빠른 폭(width) 성장을 하면서 내측과 외측 변연이 흔하게 불규칙하고 울퉁불퉁하게 보인다(Fig. 9) (2). 내측 골단의 불규칙한 골화는 18세 미만의 국내 소아청소년에서 6.7% 빈도로 보이고 주로 4세 미만에서 나타난다고 보고되었다(15).

외측 대퇴골 과(lateral femoral condyle) 골화 중심의 뒤쪽 변연도 약간 편평하고 불규칙하게 보일 수 있다(Fig. 10A, B). 이것은 건강한 어린이의 약 30%에서 나타난다. 대부분의 문헌들에서는 해당 변이를 “원위 대퇴골 골단의 불규칙한 골화”라고 정의하는데, “대퇴골 과 후방의 연골하 이상”(subchondral anomalies of the posterior part of the femoral condyles)이라고 명명하는 문헌도 있었다(16). 이 소견도 골단판의 폐쇄가 진행되면서 감소하고 골 성장이 끝나면 사라진다. 연골-골 접합부 가장자리에 이차 골화 중심이 지속될 수 있고 방사선 사진에서 연골하의 분절화된 골화는 OCD에서 보이는 연골하 골편으로 오인될 수 있어 주의가 필요하다(2). 방사선 사진만으로



**Fig. 9.** Irregular ossification of the distal femoral epiphysis in a 3-year-old boy. Normal irregularities (arrows) along the medial and lateral margins of the distal femoral epiphysis, known as epiphyseal cortical irregularity, are visible.

**Fig. 10.** Irregular ossification of the distal femoral epiphysis in a 7-year-old boy.

- A.** Anteroposterior knee radiograph shows subchondral irregularity (arrow) in the lateral femoral condyle.
- B.** Lateral knee radiograph shows subchondral irregularity (arrow) at the posterior lateral femoral condyle with bone fragment (long arrow).
- C.** Sagittal multi-echo GRE T2\*-weighted image shows corresponding subchondral irregularity (arrow) with intact overlying cartilage (long arrow) and no bone marrow edema.



정상 변이와 OCD를 구별하는 것은 어려울 수 있지만, 환자의 나이, 병변의 위치, 및 MRI 소견(병변에 인접한 골수 및 병변을 덮고 있는[overlying] 연골의 신호강도 변화) 등 OCD와 정상 변이를 구별하는데 도움이 되는 몇 가지 특징들이 있다(1, 2). OCD는 대개 10-15세 사이에 나타나는데, 해당 변이는 일반적으로 OCD보다 어린 나이(10세 미만의 여아 및 13세 미만의 남아)에 보인다(26). MRI에서 인접 골수 및 연골의 정상 신호강도와 체중 부하가 없는 외과(lateral condyle)의 후방에 위치하는 것은 정상 변이를 시사하는 소견이다(Fig. 10C). 반면 OCD는 체중 부하를 받는 내측 대퇴골 과(medial femoral condyle)의 외측면(lateral aspect)에서 가장 흔히 발생하고(27) MRI에서 인접 골수 부종과 연골의 손상을 보이기 때문에 감별 진단이 가능하다.

### 이분 슬개골(Bipartite Patella)

슬개골은 대퇴사두근의 힘줄 안에 있는 신체에서 가장 큰 종자골 sesamoid bone이다. 슬개골의 일차 골화는 2-6세 사이에 여러 개의 골화 중심들이 점진적으로 합쳐지면서 진행된다. 슬개골의 이차 골화 중심은 대개 상외측에서 12세경에 보이고, 융합 실패로 이분 또는 삼분/다분 슬개골이 발생할 수 있다. 이분 슬개골은 인구의 1%-6%에서 발생하고 90%는 남성이며 60%는 일측성이다. 방사선 사진에서는 연조직 부종의 증거 없이 규칙적이고 매끈한 가장자리를 보이는 골편이 보인다면 대부분 급성 골절과 구분할 수 있다(Fig. 11). 하지만 증상이 있다면 상외측 골편과 슬개골 본체 사이의 연골 결합의 스트레스 손상이나 급성 골절을 고려해야 하며 골편 사이의 벌어짐을 방사선 사진과 MRI로 확인해 볼 수 있다(28).

### 슬개골 배부 결손(Dorsal Defect of Patella)

슬개골 배부 결손은 방사선 사진에서 슬개골 상외측에 경계가 잘 잡힌 둥근 방사선투과성 radiolucent 병변으로 우연히 발견되고, 일반적으로 무증상이지만 통증을 유발할 수 있다. MRI에서 둥근 연골하골 결손이 정상 관절 연골로 덮여 있을 때 슬개골의 아래쪽에 발생할 수 있는 OCD와 감별할 수 있다. 이분 슬개골과 동시에 나타날 수 있다(Fig. 12).

**Fig. 11.** Anteroposterior (A) and sunrise view (B) of knee radiograph show bone fragment (arrow on A, B) with smooth margin at superolateral aspect of patella in a 12-year-old boy.



Fig. 12. Dorsal defect of patella in a 16-year-old boy.

A. Sunrise view shows well-defined subchondral radiolucent subchondral bone defect (arrow) in lateral facet of the patella.

B. Axial fat-suppressed T2-weighted image shows a subchondral bone defect (arrow) in the superolateral facet of the patella with intact overlying cartilage (long arrow).

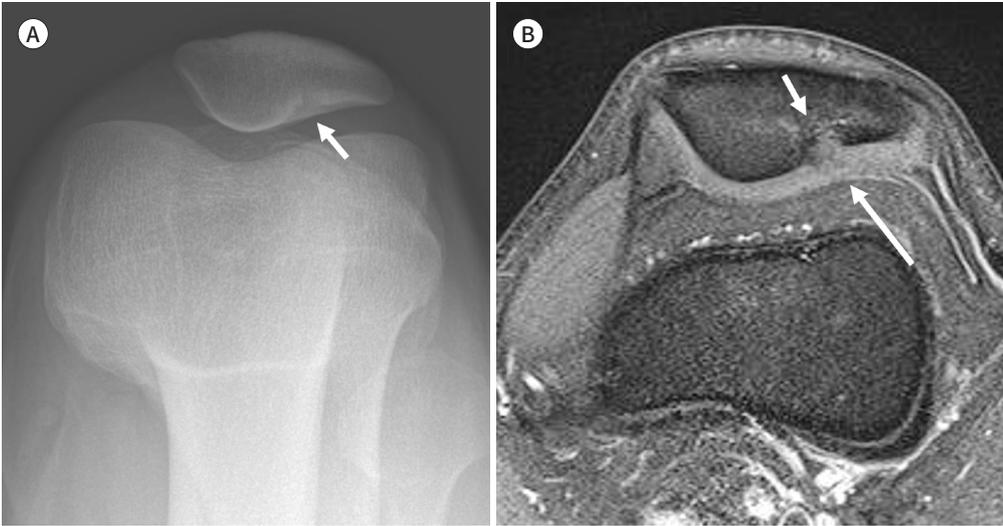


Fig. 13. Lateral knee radiograph shows fragmentary appearance of ossification centers of tibial tuberosity (arrow) without soft tissue swelling in an 11-year-old boy.

### 경골 결절(Tibial Tuberosity)

여아의 경우 10세, 남아의 경우 12세부터 하나 이상의 이차 골화 중심이 연골성 경골 결절의 원위부에 나타난다(16). 골화 중심들이 결합되기 전에 견열 골절(avulsion fracture) 골편으로도 오인될 수 있으나, 골화 중심들은 점차 크기가 증가하고 결국 합쳐진다. 통증 없는 어린이 경골 결절의 분절화된 형태는 정상 소견이기 때문에 Osgood-Schlatter 병(Osgood-Schlatter disease)과 혼동해서는 안 된다(Fig. 13). 결절부에 통증과 부종을 보인다면 영상 소견을 참고하여 Osgood-

Schlatter 병을 진단할 수 있다. 경골 결절에 가해지는 만성적이고 반복적 견열 손상에 의해 발생하는 Osgood-Schlatter 병은 피질로 잘 둘러싸인(well-corticated) 다양한 크기의 골편들을 보인다. MRI에서 경골 결절 내 부종이 뒤쪽 경골 골단까지 확장될 수 있고, 아래 Hoffa 지방체(inferior Hoffa's fat pad) 부종이나 경골전 부종(pretibial edema)이 보이기도 한다. 경골 결절의 급성 견열 골절에서는 경골 결절 측에 선형 또는 곡선(curvilinear) 견열 골절 단편을 보이거나 경골 결절 전체가 들어 올려지는 소견을 보이게 된다.

### 종골 견인골단(Calcaneal Apophysis)

종골의 이차 골화 중심은 출생 시 볼 수 있다. 매끄러운 뒤쪽 피질은 견인골단의 골화 중심이 나타나기 전에 불규칙한 톱니 모양을 보인다. 견인골단의 골화는 여러 개의 분리된 골화 중심에서 시작되어 하나의 중심으로 합쳐진다. 여아에서 남아보다 2년 이른 평균 5.2세에 골화가 시작되고 여아에서 10세, 남아에서 14세경에 융합된다(29). 견인골단은 종골 몸체와의 융합이 완료될 때까지 정상적으로 경화되고 분절화된 형태를 보일 수 있다(Fig. 14). 종골 골단염(calcaneal apophysitis; Sever disease)에서 정상 견인골단의 골화 중심과 유사한 소견을 보일 수 있기 때문에 방사선 사진만으로는 종골 골단염을 진단하기 어렵고, MRI에서 견인골단의 부종 소견을 확인하면 감별 진단에 도움이 된다.

### 족부 주상골(Tarsal Navicular Bone)

불규칙한 연골내 골화는 수근골과 족근골에서도 나타날 수 있다. 어린아이들에게서 보이는 불규칙한 족부 주상골(tarsal navicular bone)이 그 예이다(30). 주상골의 이차 골화 중심은 여아에서 남아보다 1세 빠르게 평균 1.5-2세경 보이기 시작하여 다양한 양상으로 진행한다고 보고되었다. 동통, 압통 등의 증상이 없어도 방사선 사진에서 불규칙하고 분절화된 경화성 족부 주상골을 보일 수 있기 때문에 방사선 사진만으로 Köhler 병(Köhler disease)으로 진단하면 안 된다(31-33). 약 5세까지는 불규칙하고 분절화된 형태를 보이는 경우가 많다(Fig. 15) (2). MRI에서 주상골이 T1 강조영상에서 낮은 신호강도, 물에 민감한 영상에서 높은 신호강도, 조영증강 감소 소견을 보인다면



Fig. 14. Lateral foot radiograph for evaluation of pes planus in a 12-year-old boy shows normal sclerotic and fragmented calcaneal apophysis (arrow).



Fig. 15. Anteroposterior foot radiograph shows normal irregular sclerotic and fragmented right navicular bone (arrow) in a 5-year-old girl.



Fig. 16. Oblique foot radiograph shows the longitudinally oriented scalelike secondary ossification center of the proximal fifth metatarsal apophysis (arrow) in an 11-year-old boy.

Köhler 병 진단에 도움을 받을 수 있다(34).

### 제5중족골 견인골단(Fifth Metatarsal Apophysis)

사춘기 동안 세로 방향의 비늘 모양 이차 골화 중심이 다섯 번째 중족골의 근위 견인골단 연골 내에 나타난다(Fig. 16). 여아에서 8세, 남아에서 10세경에 나타나고 여아에서 14세, 남아에서 15세

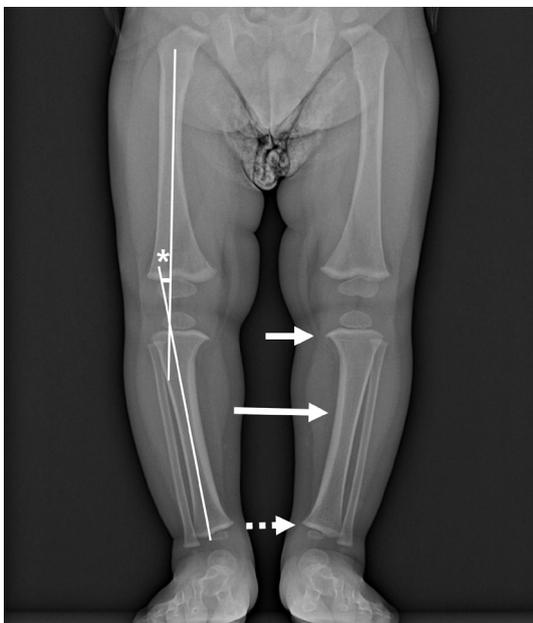
경에 융합된다(35). 제5중족골 기저부의 견열 골절과의 감별이 필요한데, 견인골단은 중족골의 장축에 평행한 반면 힘줄 부착 부위가 당겨져서 발생하는 것으로 알려져 있는 견열 골절은 중족골에 수평 방향인 것이 특징이다. 정상적으로도 제5중족골 견인골단의 골단판이 넓게 보일 수 있기 때문에 견인골단의 박리가 의심된다면 동일한 자세로 촬영한 반대편 영상과 비교하여 견인골단의 골단판이 넓어진 것을 확인하는 것이 진단에 도움이 된다(35, 36).

### 생리적 내반슬(Physiologic Bowing)

내반슬(genu varum, bow leg)은 슬관절이 바깥쪽으로 휘어진 상태로, 경골이나 대퇴골의 단독 혹은 양자의 변형으로 발생한다. 정상 영아 및 2세 미만 어린이에서 보이는 내반슬의 대부분은 생리적 내반슬(physiologic bowing)이다. 조기 보행, 아프리카계 미국인 및 비만 아동에게 더 흔하게 나타난다고 보고되는데, 이것은 블라운트병(Blount disease; Tibia Vara; 내반 경골)에서도 비슷하게 보고된다. 만약 2세 이후에도 지속되는 내반슬을 보인다면 영아형(infantile type) 블라운트병으로의 진행을 배제해야 한다(2).

선 자세의 전후방 방사선 사진에서 중립 위치의 대퇴골과 경골의 중간축을 따라 그린 선들의 교차점에서 측정된 대퇴 경골 각도(tibiofemoral angle)로 내반의 정도를 결정한다. 영아기의 정상 내반 각도는 대략 15°-20°이고 생후 2-3년 동안 약 10°의 외반으로 전환되기 때문에 2세 이후까지 지속되는 내반은 비정상이다. 외반의 정도는 6-7세에 자연적으로 감소하여 약 6°로 유지된다.

방사선 사진에서 보이는 대퇴골과 경골의 경미한 측면 및 앞쪽 휘어짐, 원위 대퇴골 및 근위 경골 골간단을 따라 보이는 작은 부리(metaphyseal beak), 내측 피질의 비후, 원위 경골 성장판의 내측이 높은 기울어짐이 특징적인 소견이다(Fig. 17) (2). 생리적 내반슬은 치료가 필요하지 않지만, 추적 검사를 통해 내반슬이 소실되고 치료가 필요할 수 있는 블라운트병으로 진행하지 않음을 확인해야 한다(37).



**Fig. 17.** Physiologic bowing in an 18-month-old boy.

Standing anteroposterior radiograph shows varus angulation, metaphyseal beak in the proximal tibia (arrow), thick medial tibial cortex (long arrow) and tilted ankle joint (dashed arrow). Tibiofemoral angle (\*) measured by axis of right femur and tibia is 11°.



**Fig. 18.** MDA measurement.

The MDA (\*) is the angle between a line (thick line) drawn perpendicular to the long axis of the tibia (thin line) and a line through the widest portion of the proximal tibial metaphysis (between the medial and lateral beaks; dashed line). Measured MDA (\*) is 14° in a 27-month-old boy, suggesting Blount disease.

MDA = metaphyseal-diaphyseal angle

블라운트병은 진행되는 내반슬과 특징적인 방사선 소견을 보일 때 진단이 가능한데, 방사선 사진에서 근위 경골의 내측에 불규칙한 수직 방향의 골단판이 부리 모양을 만든다(23). 골간단-골간 각 (metaphyseal-diaphyseal angle; 이하 MDA)은 생리적 내반슬과 블라운트병의 감별에 도움이 된다. 근위 경골 골간단의 가장 넓은 부분(내측 부리와 외측 부리 사이)을 통과하는 선과 경골의 장축에 수직으로 그은 선을 그려서 측정한다(Fig. 18). MDA는 생리적 내반슬에서 일반적으로 11° (평균 5°) 미만인 반면, 블라운트병에서는 대개 11° (평균 16°)보다 크다. 만약 MDA가 8°에서 11° 사이라면 추적 방사선 촬영(radiography)이 권장된다.

## 결론

소아 뼈의 정상 변이들은 대개 방사선 사진에서 우연히 발견되는 경우가 많기 때문에 반대편과의 비교를 통해 대칭성을 확인하는 것이 중요하다. 방사선 사진만으로 정상 변이와 병적 질환을 구별하기 어려운 경우에는 MRI 소견을 참고할 수 있고, 임상 증상을 고려해야 한다. 소아 뼈는 발달 과정에서 연령별로 다양한 정상 변이를 보이 수 있기 때문에 정상 변이의 영상의학적 소견에 익숙해진다면 불필요한 추가 영상 검사나 잘못된 진단과 치료를 방지하는데 도움이 될 것이다.

## Author Contributions

Conceptualization, all authors; data curation, all authors; formal analysis, all authors; investigation, all authors; methodology, all authors; supervision, all authors; validation, all authors; visualization, all

authors; writing—original draft, K.H.J.; and writing—review & editing, all authors.

### Conflicts of Interest

The authors have no potential conflicts of interest to disclose.

### ORCID iDs

Hee Jung Kim  <https://orcid.org/0009-0000-5069-6892>

Sun Kyoung You  <https://orcid.org/0000-0002-1026-5809>

### Funding

None

## REFERENCES

1. Augusto ACL, Goes PCK, Flores DV, Costa MAF, Takahashi MS, Rodrigues ACO, et al. Imaging review of normal and abnormal skeletal maturation. *Radiographics* 2022;42:861-879
2. Coley BD. *Caffey's pediatric diagnostic imaging*. 13th ed. Philadelphia: Elsevier Health Sciences 2018
3. Walter WR, Goldman LH, Rosenberg ZS. Pitfalls in MRI of the developing pediatric ankle. *Radiographics* 2021;41:210-223
4. Calder AD, Arulkumaran S, D'Arco F. Imaging in osteopetrosis. *Bone* 2022;165:116560
5. Kwon DS, Spevak MR, Fletcher K, Kleinman PK. Physiologic subperiosteal new bone formation: prevalence, distribution, and thickness in neonates and infants. *AJR Am J Roentgenol* 2002;179:985-988
6. Swischuk LE. *Imaging of the newborn, infant, and young child*. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins 2003
7. Miyazaki CS, Maranho DA, Agnolitto PM, Nogueira-Barbosa MH. Study of secondary ossification centers of the elbow in the Brazilian population. *Acta Ortop Bras* 2017;25:279-282
8. Bae C, Kim BS. [Radiographic study on the time of appearance of the ossification centers in school aged children]. *J Korean Radiol Soc* 1977;13:28-34. Korean
9. Lee SH, Park SW, Suh DH, Kim TH. [The sequential development of elbow-ossification centers in children]. *J Korean Orthop Assoc* 2000;35:421-426. Korean
10. Cheng JC, Wing-Man K, Shen WY, Yurianto H, Xia G, Lau JT, et al. A new look at the sequential development of elbow-ossification centers in children. *J Pediatr Orthop* 1998;18:161-167
11. Goodwin SJ, Irwin LJ, Irwin GJ. Gender differences in the order of appearance of elbow ossification centres. *Scott Med J* 2019;64:2-9
12. Ogden JA, Ganey TM, Light TR, Belsore RJ, Greene TL. Ossification and pseudoepiphysis formation in the "nonepiphyseal" end of bones of the hands and feet. *Skeletal Radiol* 1994;23:3-13
13. Lee HM, Kim JP, Kang S, Kim YS, Lee MY. [Radiologic prevalence and features of metacarpal pseudoepiphysis on normal Korean children]. *J Korean Orthop Assoc* 2018;53:234-242. Korean
14. Georgiadis AG, Gannon NP. Park-Harris lines. *J Am Acad Orthop Surg* 2022;30:e1483-e1494
15. Seo SG, Sung KH, Chung CY, Lee KM, Lee SY, Choi Y, et al. Incidental findings on knee radiographs in children and adolescents. *Clin Orthop Surg* 2014;6:305-311
16. Lerisson H, Tillaux C, Boutry N. Radiographic/MR imaging correlation of the pediatric knee growth. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2019;27:737-751
17. Laor T, Jaramillo D. Metaphyseal abnormalities in children: pathophysiology and radiologic appearance. *AJR Am J Roentgenol* 1993;161:1029-1036
18. Riquelme V, García CB. Imaging studies in early diagnosis of childhood leukemia. *Rev Chil Radiol* 2012; 18:24-29
19. Herneth AM, Philipp MO, Pretterklieber ML, Balassy C, Winkelbauer FW, Beaulieu CF. Asymmetric closure of ischiopubic synchondrosis in pediatric patients: correlation with foot dominance. *AJR Am J Roentgenol* 2004;182:361-365
20. Williams H. *Normal anatomical variants and other mimics of skeletal trauma*. In Johnson KJ, Bache E, eds. *Imaging in pediatric skeletal trauma: techniques and application*. Berlin, Heidelberg: Springer 2008:91-118
21. Herneth AM, Trattig S, Bader TR, Ba-Ssalamah A, Ponhold W, Wandl-Vergesslich K, et al. MR imaging of the

- ischiopubic synchondrosis. *Magn Reson Imaging* 2000;18:519-524
22. Lemperg R, Liliequist B, Mattsson S. Asymmetry of the epiphyseal nucleus in the femoral head in stable and unstable hip joints. *Pediatr Radiol* 1973;1:191-195
  23. Prince JS. *The lower extremity: congenital and developmental conditions*. In Stein-Wexler R, Wootton-Gorges S, Ozonoff M, eds. *Pediatric orthopedic imaging*. Berlin, Heidelberg: Springer 2014:373-433
  24. Stern C, Galley J, Fröhlich S, Peterhans L, Spörri J, Sutter R. Distal femoral cortical irregularity at knee MRI: increased prevalence in youth competitive alpine skiers. *Radiology* 2020;296:411-419
  25. Pai DR, Strouse PJ. MRI of the pediatric knee. *AJR Am J Roentgenol* 2011;196:1019-1027
  26. Jans LB, Jaremko JL, Ditchfield M, Huysse WC, Verstraete KL. MRI differentiates femoral condylar ossification evolution from osteochondritis dissecans. A new sign. *Eur Radiol* 2011;21:1170-1179
  27. Gorbachova T, Melenevsky Y, Cohen M, Cerniglia BW. Osteochondral lesions of the knee: differentiating the most common entities at MRI. *Radiographics* 2018;38:1478-1495
  28. Kim HG, Choi HY, Park JS, Ryu KN, Park SY, Jin W. [Clinical features and radiological differential diagnoses of symptomatic sesamoid bones and accessory ossicles: a pictorial essay]. *J Korean Soc Radiol* 2021;82:82-98. Korean
  29. Blythe CS, Reynolds MS, Gregory LS. Quantifying the ossification and fusion of the calcaneal apophysis using computed tomography. *J Anat* 2022;241:484-499
  30. Teo ELHJ. *Pediatric nontraumatic musculoskeletal lesions: imaging pitfalls*. In Peh W, ed. *Pitfalls in musculoskeletal radiology*. Cham: Springer 2017:819-851
  31. Rosenberg ZS, Beltran J, Bencardino JT. MR imaging of the ankle and foot. *Radiographics* 2000;20(suppl 1):S153-S179
  32. Williams GA, Cowell HR. Köhler's disease of the tarsal navicular. *Clin Orthop Relat Res* 1981;158:53-58
  33. Tuthill HL, Finkelstein ER, Sanchez AM, Clifford PD, Subhawong TK, Jose J. Imaging of tarsal navicular disorders: a pictorial review. *Foot Ankle Spec* 2014;7:210-224
  34. Kan JH. *Pediatric and adolescent musculoskeletal MRI. A case-based approach*. New York: Springer 2010
  35. Davies CM, Hackman L, Black S. The utility of the proximal epiphysis of the fifth metatarsal in age estimation. *J Forensic Sci* 2013;58:436-442
  36. Hammer MR, Pai DR. *The foot and ankle: congenital and developmental conditions*. In Stein-Wexler R, Wootton-Gorges S, Ozonoff M, eds. *Pediatric orthopedic imaging*. Berlin, Heidelberg: Springer 2014:463-516
  37. Cheema JI, Grissom LE, Harcke HT. Radiographic characteristics of lower-extremity bowing in children. *Radiographics* 2003;23:871-880

## 소아 뼈의 정상 발달과 변이

김희중 · 유선경\*

정상 변이란 일반적으로 무증상이며 우연히 발견되는 영상 소견을 의미하며, 병적 상태와 유사한 소견을 보일 수 있다. 소아 뼈의 정상 변이를 인지하기 위해서는 장관 골 및 이차 골화 중심의 발달 과정에 대한 이해가 필요하다. 정상 변이의 다양한 영상의학적 소견에 익숙해진다면 불필요한 추가 영상 검사 및 잘못된 진단과 치료를 방지할 수 있다. 본 종설에서는 성장하는 소아의 뼈에서 보이는 정상 변이들의 특징적인 영상 소견과 이를 병적 상태와 구별하기 위한 방법들에 대해서 논의하고자 한다.

충남대학교 의과대학 충남대학교병원 영상의학과