



Diagnostic Imaging for Physical Abuse in Children

신체적 학대를 받은 아동의 진단적 영상

Tae Yeon Jeon, MD* , So-Young Yoo, MD ,
Hong Eo, MD , Ji Hye Kim, MD

Department of Radiology, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

Physical abuse is a significant cause of morbidity and mortality in the pediatric population. Young children, particularly in the first year of life, are most vulnerable to physical abuse. To evaluate suspected physical abuse, radiologists play a vital role by detecting radiological findings suggestive of physical abuse and differentiating them from other pathologies. This review focuses on radiologic findings, including those for fractures, abusive head trauma, spinal injury, and thoracoabdominal injury, commonly discovered in physically abused children, with special emphasis on biomechanical forces that produce injuries.

Index terms Physical Abuse; Child; Fractures, Bone; Craniocerebral Trauma

서론

보건복지부 산하 중앙아동보호전문기관의 ‘2017년 전국 아동학대 현황 보고서’에 따르면 연도별 아동학대 사례 건수는 2001년 2105건에서 해마다 증가하여 2017년에는 22367건으로 약 10배로 늘어났다. 아동학대는 신체적 학대, 정신적 학대, 성적 학대, 그리고 방임의 4가지 유형으로 나눌 수 있고 이중 정신적 학대(45%)가 가장 많았고 신체적 학대(39%)가 그다음으로 높은 빈도로 나타났다. 학대 행위자는 친부가 전체의 43%, 친모가 31%였다(1).

신체적 학대를 받은 아동의 초기 임상 소견은 다양하다. 가장 흔한 증상으로 아동이 매우 과민한 상태이거나 비정상적으로 기운이 없고 가라앉아 보일 수 있다. 또한, 식사를 거부하거나 구토 증상을 보일 수 있고 무호흡 또는 청색증을 일으키기도 한다. 반복적인 뇌증이나 발작을 보이는 경우도 있고 종종 빈혈을 동반하며 아동의 체중이 50 백분위수 미만인 경우가 많다(2). 발달 장애가 있거나 미숙아로 태어난 아동, 부모의 연령이 너무 젊거나 사회 경제적으로 지위가 낮은 경우, 가족의 상황이 안정적이지 못한 경우 아동학대의 위험성이 높다(3).

신체적 학대를 받은 아동의 예후는 다양하지만 대체적으로 좋지 않다. 아동학대로 인한

Received April 21, 2020
Revised June 11, 2020
Accepted July 3, 2020

*Corresponding author
Tae Yeon Jeon, MD
Department of Radiology,
Samsung Medical Center,
Sungkyunkwan University
School of Medicine, 81 Irwon-ro,
Gangnam-gu, Seoul 06351, Korea.

Tel 82-2-3410-1305
Fax 82-2-3410-0049
E-mail
hathor97.jeon@samsung.com

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.

ORCID iDs

Tae Yeon Jeon
<https://orcid.org/0000-0002-7796-1307>
So-Young Yoo
<https://orcid.org/0000-0002-8203-3441>
Hong Eo
<https://orcid.org/0000-0002-9534-8098>
Ji Hye Kim
<https://orcid.org/0000-0003-3621-3406>

가장 치명적인 결과는 사망이고 우리나라의 경우 2001년부터 2017년까지 총 사망 사례가 216건인데 이는 신고 접수된 사례만을 집계하였으므로 실제 사망 사건의 수는 이보다 더 많을 것으로 추측한다. 2017년 미국 연방 보고서에 따르면 신체적 학대를 받은 아동의 사망률이 2016년 한 해에만 1750명으로 집계되었고 매년 증가 추세를 보였다(4). 약 1/3 정도에서 학대 후 완전히 회복되었고 과반수에서 인지장애나 신경학적 이상 소견을 보였다(5). 학대가 의심되는 2세 이하의 아동에서 머리 손상은 이환율과 사망률의 주요 원인이 된다. 지능 저하와 뇌성마비가 있는 아동의 10%에서 신체적 아동학대와 연관이 있다(5).

학대 아동을 평가하는 데 있어서 영상의학적 검사 소견은 추가적인 객관적 증거를 제시할 수 있고 손상의 범위를 확인하는 것뿐만 아니라 다른 질환과의 감별도 중요하다. 영상의학과 의사로서 아동학대의 심각성을 인식하고, 이들이 조기에 진단되어 계속될지도 모르는 이차적인 피해를 줄일 수 있도록 지속적인 노력이 필요하다. 본 논문에서는 신체적 학대를 받은 아동에서 나타나는 특징적인 손상의 영상의학적 소견을 설명하고 손상이 유발되는 생체 역학적 힘의 기전에 대해 알아보고자 한다.

본론

골절

신체적 학대를 받은 아동에서 가장 흔한 소견은 타박상과 같은 연부조직 손상이고 그다음으로 흔한 소견은 골절이다. 신체적 학대를 받은 아동의 55%에서 골절이 발견되었고 골절이 발견된 학대 아동의 80%가 18개월 미만의 영유아였다(6).

임상적으로 골절이 의심되는지 여부와 상관없이 신체적 학대를 받은 것으로 의심되는 2세 이하의 모든 영유아에서 골격 조사(skeletal survey)를 기본검사로 시행해야 한다(7, 8). 2세 이상의 유아는 다치거나 아픈 부위를 말로 표현할 수 있어 표준 골격 조사를 시행하기보다는 임상 소견을 토대로 골절이 의심되는 부위 위주로 검사를 시행할 수 있다(7). 하지만 임상 병력으로 설명되지 않는 머리나 복부 손상이 있거나 골절이 이미 발견된 아동은 나이와 관계없이 골격 조사를 해야 한다.

미국영상의학회(American College of Radiology; 이하 ACR)는 신체적 학대가 의심되는 아동에서 시행하는 골격 조사의 표준영상을 Table 1과 같이 권고하였다(9). 신체적 학대를 시사하는 골절 중 일부는 매우 특징적이지만 감지하기 어려운 경우가 많아 infantogram이나 간소화된 골격 조사로는 충분하지 않다. 고해상 영상 장비를 이용하여 최적화된 방사선량으로 시행해야 하고 각 부위 별로 나눠서 평가해야 한다(7, 10). ACR이나 미국 소아과학회 지침에서는 장골 X-ray의 앞뒤 영상만을 권고하고 있지만, 측면 영상을 추가할 경우 골간단 골절의 진단율을 50% 증가시키는 것으로 나타났다(7, 11). 늑골 골절은 신체적 학대가 있었음을 나타내는 중요 소견 중 하나로 이에 대한 진단 정확도를 높이기 위해 ACR의 개정된 지침에서는 양측 경사영상을 추가할 것을 권장하였다(9).

신체적 학대를 받은 아동에서 가장 흔한 골절은 장골 골절이고 그다음으로 늑골 골절이다. 상대적으로 두개골과 쇄골의 골절은 비교적 낮은 빈도로 일어나며 골반, 척추, 손과 발의 골절은 드물게 나타난다(12). 신체적 학대와 연관된 골절을 시사하는 특이도가 높은 소견은 전형적인 골간단

병변(classic metaphyseal lesion; 이하 CML), 후방 늑골 골절, 견갑골 골절, 가시돌기 골절, 흉골 골절이 있고 중등도의 특이도를 보이는 소견은 다수의 골절, 치유 단계가 다른 여러 부위의 골절이 있는 경우, 골단 분리, 척추체 골절과 아탈구, 손발가락 골절, 복잡 두개골 골절이다(Table 2) (Figs. 1, 2) (13). 또한 신체적 학대와 연관된 골절을 평가할 때는 골절의 발생 기전과 아동 개개인의 운동 발달 수준을 함께 고려해야 한다. 예를 들어 걸을 수 없는 아동에서 발생한 대퇴 골절이나 15개월 미만의 영유아의 상완골 골절이 있을 경우 신체적 학대를 의심해야 한다(14).

신체적 학대가 의심되는 아동에서 초기 골격 조사를 시행했지만 골절이 확인되지 않거나 모호한 소견을 보일 경우 2주 뒤 반복 골격 조사를 시행하면 10% 정도에서 가골이나 골막하 신생 골

Table 1. Standard Skeletal Survey for Suspected Child Abuse

Skeleton	Radiography
Appendicular	Humeri (AP) Forearms (AP) Hands (PA) Femurs (AP) Lower legs (AP) Feet (AP)
Axial	Thorax (AP, lateral, right and left obliques), to include sternum, ribs, thoracic and lumbar spine Abdomen, to include the pelvis (AP) Lumbosacral spine (lateral) Cervical spine (AP and lateral) Skull (frontal and lateral)

AP = anterior-posterior projection, PA = posterior-anterior projection

Table 2. Specificity of Fracture Locations in Child Abuse

Specificity	Fracture
High	Classic metaphyseal lesions Posterior rib fractures Scapular fracture Spinous process fracture Sternal fracture
Moderate	Multiple fracture, especially bilateral Several fractures in different healing stage Epiphyseal separations Vertebral body fractures and subluxations Digital fractures Complex skull fractures
Low	Clavicular fractures Diaphyseal fractures of long bones Linear skull fractures Subperiosteal new bone formation

형성을 보이는 치유 중인 골절을 확인할 수 있었다(Fig. 1) (10). 또한 모호하게 보였던 소견을 분명히 확인할 수도 있고 골절이 일어난 시기에 대한 정보를 얻을 수 있다. 초기 골격 조사가 음성인 경우 방사선 노출을 최소화하기 위해 골반, 척추, 그리고 두개골은 제외하고 나머지의 골격 조사를 시행할 수도 있다(15).

Technetium-99m methylene diphosphonate 뼈스캔은 신체적 학대가 의심되지만 골격 조사가 음성일 경우 골절 유무를 확인하기 위한 상호 보완적인 또는 보조적인 검사로 시행한다(7, 16). 골격 조사에서 진단하기 어려운 급성 비전위(non-displaced) 골절이나 애매모호한 소견을 보이는 골절의 진단에 유용하다. 하지만 뼈스캔의 제한점이 여러 가지가 있다. 첫 번째는 방사선량이 골격 조사에 비해 많고, 정맥천자를 해야 하며 종종 진정요법이 필요한 경우가 있다(6). 두 번째 제한점은 뼈스캔은 성장판에서 정상적으로 증가된 섭취를 보이기 때문에 성장판에 인접한 골간단

Fig. 1. Multiple fractures of differing age in a 3-month-old boy (same as Fig. 7).

A. The frontal chest radiograph demonstrates lateral left 5–7th rib healing fractures (arrowheads), right clavicle healing fracture (short arrow), and a subtly increased width of the posterior arc of the left 7th rib (long arrow).

B. The frontal radiograph of the chest obtained 2 weeks later reveals a posterior left 7th rib fracture with callus (arrow).

C, D. Frontal radiographs show left tibial and fibular healing fractures (arrows, **C**) and a fracture of the proximal first metatarsal bone (arrowheads, **D**).

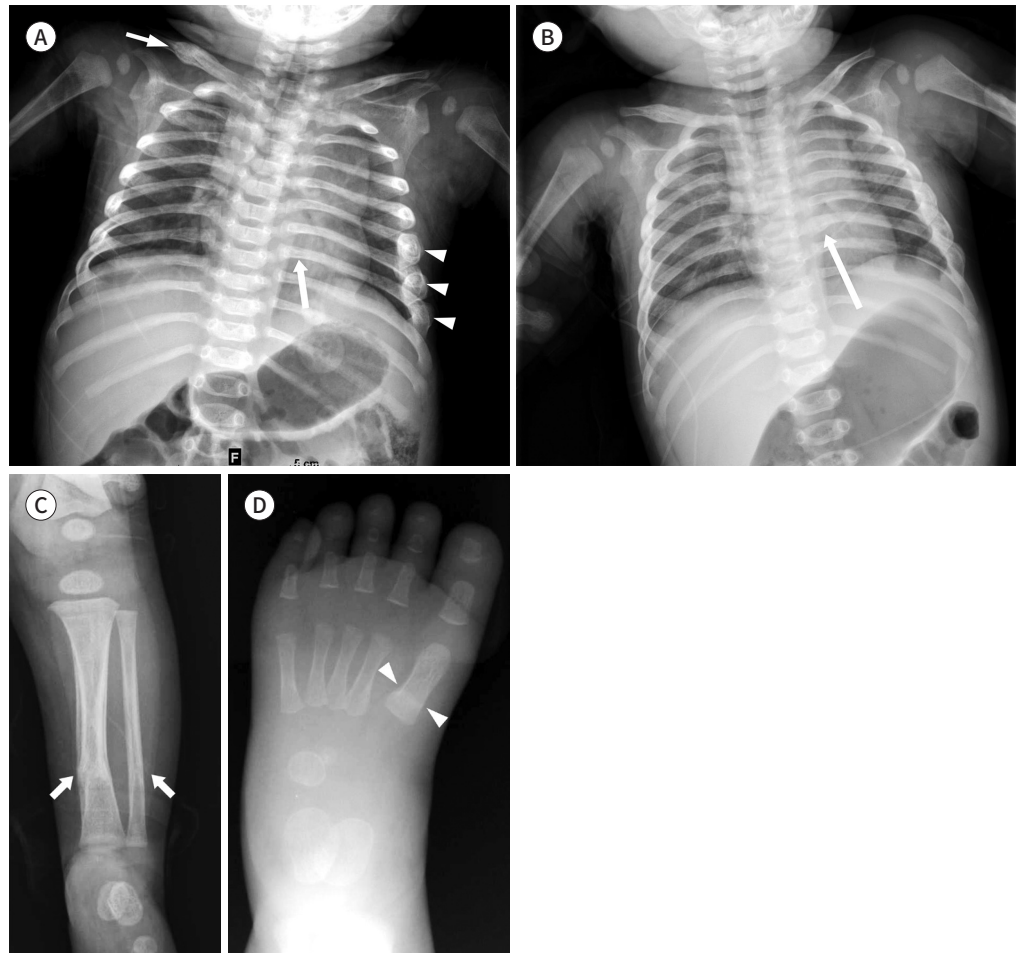
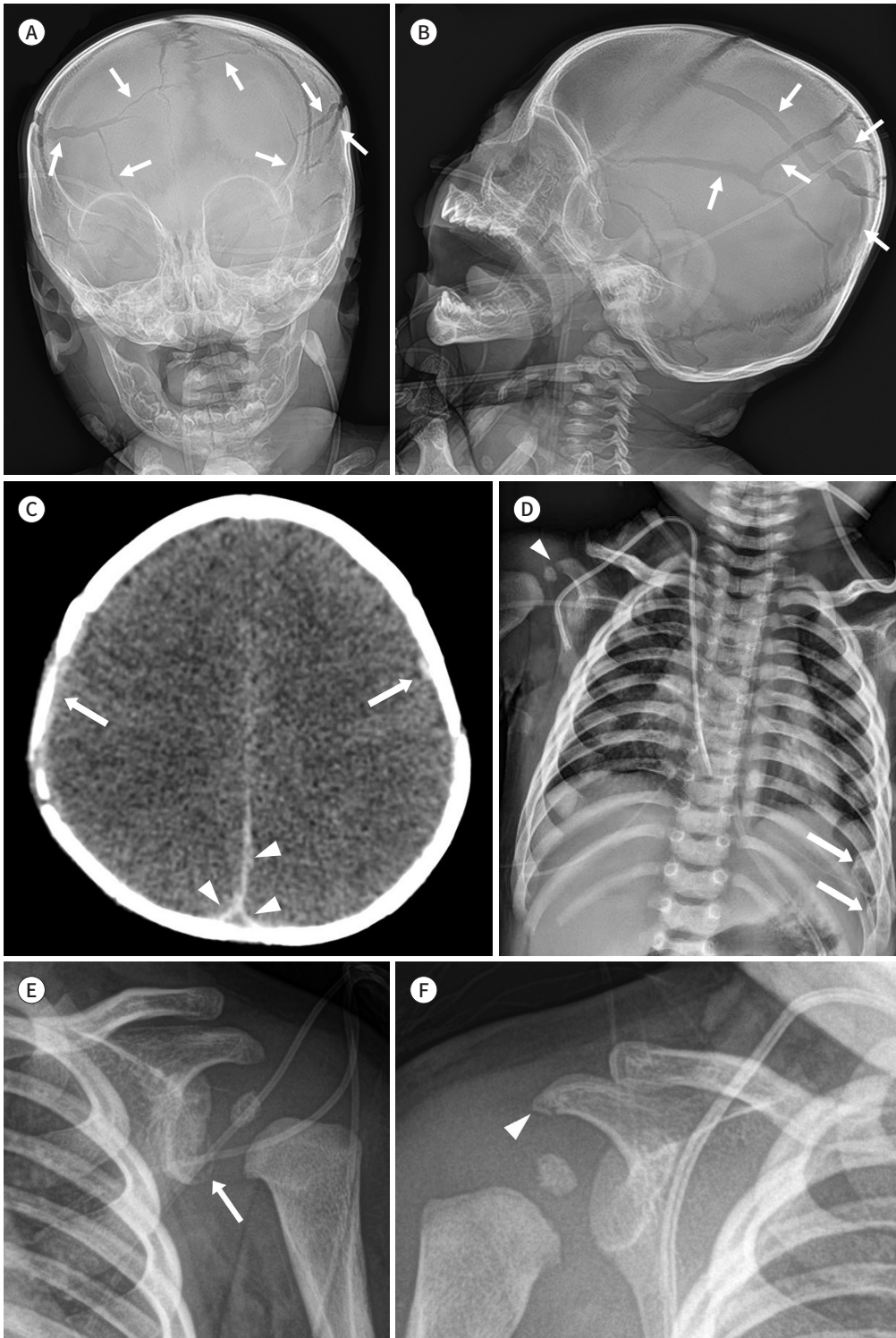


Fig. 2. Multiple fractures and subdural hemorrhage in a 5-month-old boy.

A, B. Frontal and lateral skull radiographs show multiple linear fractures (arrows) in both parietal bones.
C. The unenhanced CT scan demonstrates recent subdural hemorrhage in the interhemispheric fissure, extending to the superior sagittal sinus (arrowheads) and along the bilateral cerebral convexity (arrows).
D-F. Frontal radiographs show multiple lateral left rib healing fractures (arrows, **D**), left glenoid fracture (arrow, **E**), and right acromion fracture (arrowhead, **D, F**).



손상이나 두개골 골절을 발견하기 어렵다(16). 마지막으로 골절이 발생한 뒤 최대 1년 동안 증가된 섭취를 보일 수 있기 때문에 골절이 일어난 시기를 예측하는데 도움이 되지 않는다(6).

전형적인 골간단 병변

1957년 Caffey (17)가 신체적 학대를 받은 아동에서 특징적인 골간단 골절에 대해 처음 발표하였고, 이후 Kleinman 등(18)이 이를 CML이라고 명명하였다. 신체적 학대를 받은 18개월 이하의 영유아의 40~65%에서 CML이 진단되었다(19-21). CML은 원위부 대퇴골에서 가장 흔히 보이고 근위부 경골, 원위부 경골, 근위부 상완골에서도 나타난다. CML은 골간단에 발생하는 미세골절로 골절선이 성장판에 평행하게 나타나고 유발 기전은 아직 명확하게 밝혀지지는 않았지만 넘어지거나 외부의 충격이 유발 원인이 아니고, 장골의 장축에 수직 방향으로 작용하는 전단력(shearing force)이나 갑자기 잡아당기는 힘에 의해 발생하는 것으로 생각된다(18, 19, 22, 23). 이는 아동의 팔 또는 다리를 손으로 강하게 잡고 비틀고 흔들거나 잡아당길 경우에 발생할 것으로 생각된다(Fig. 3). 흔들린 아이 증후군(shaken baby syndrome)에서 아이의 가슴이나 어깨를 잡고 흔들 경우 팔과 다리에 수평방향의 흔들리는 힘이 전달되어 CML이 발생할 수 있을 것으로 추정한다(22).

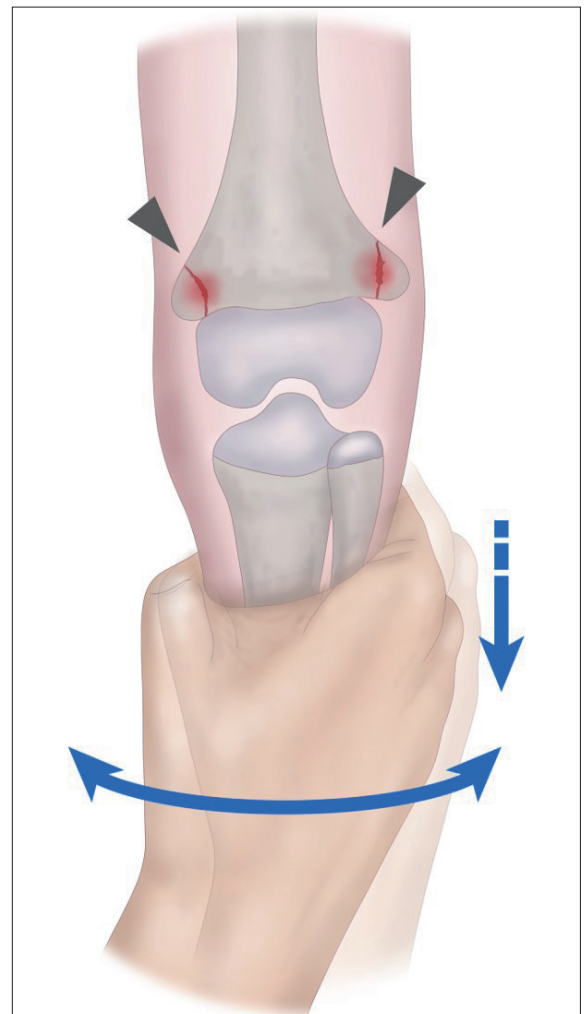
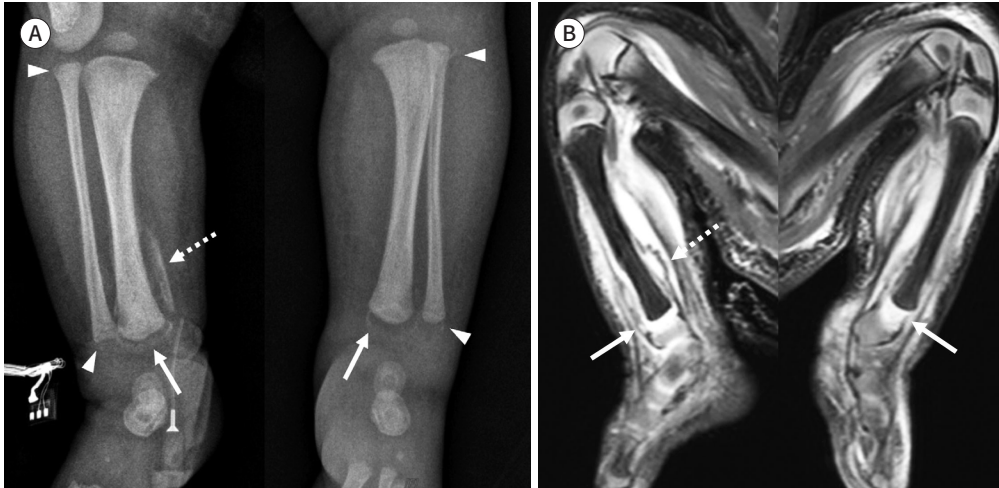


Fig. 3. Illustration depicting the mechanism underlying a classic metaphyseal lesion (arrowheads).

Fig. 4. Classic metaphyseal lesion in a 22-day-old girl.

A. The frontal radiograph of bilateral legs shows a corner fracture at the bilateral proximal and distal fibula (arrowheads) and bucket handle fragments (arrows) at the bilateral distal tibia. The fracture begins to heal as evidenced by subperiosteal new bone formation along the right tibial shaft (dotted arrow).

B. The T2-weighted MR image clearly shows complete separation of the chondro-osseous junction of bilateral distal tibia (arrows) with subperiosteal new bone formation along the right tibial shaft (dotted arrow). (Courtesy of Dr. Hye-Kyung Yoon at the Human Medical Imaging & Intervention Center, Seoul, Korea).



CML은 장골의 골간단에서 가장 약한 부분인 일차 해면골(primary spongiosa)에 골절이 발생한다(18, 19). X-ray에서 성장판하 골간단(subphyseal metaphysis)의 선형의 방사선 투과선으로 성장판에 평행하게 나타나고 골절 조각의 길이와 너비에 따라 그 모양이 다양하게 보일 수 있다. 골절은 골간단의 전체에 나타날 수도 있고 일부분에만 나타날 수도 있다. 골절이 골간단 전체에 걸쳐 나타날 경우 골절 조각은 원판(disk) 같은 모양으로 골간에서 분리된다. 골절 조각인 원판은 주변부와 중심 부분의 두께가 다른데 주변부가 더 두꺼운 형태가 된다(Fig. 4) (18, 19). 정상적인 골간단의 주변부에는 골막하 뼈 고리(subperiosteal bone collar)가 있어 중앙부위의 연골-골 경계부위에 비해 두껍다. CML이 골간단의 주변부에 발생하면 골절선이 골막하 뼈 고리의 직하부위를 지나면서 골간방향으로 비스듬히 기울어지게 되어 X-ray의 앞뒤 영상에서는 두꺼운 골절 조각이 삼각형 모양(corner fracture)으로 보이고 위에서 아래로 내려다보는 방향에서는 곡선 또는 초승달 모양(bucket handle fracture)과 유사하게 보인다(Fig. 5) (18, 19, 22, 23).

늑골 골절

영유아의 골격은 성인에 비해 유연하고 흉곽 역시 외부의 충격을 받았을 때 쉽게 부러지기보다는 변형(deformation)이 되는 경향이 있다. 어른이 손으로 아동의 가슴을 잡고 압박할 경우 약한 강도에서는 변형이 나타나지만 어느 정도의 한계점을 넘어서면 흉곽의 전방, 후방, 측면 늑골에 골절이 발생한다(Fig. 6). 성인 손 크기 정도의 힘이 가해지면서 특징적으로 유사한 위치에 연속적으로 늑골 골절이 발생하고 흔히 양측으로 나타난다(Figs. 1, 2) (13, 24). 특히 후방 늑골은 척추체와 가로돌기(transverse process)에 비교적 강하게 붙어있어 골절이 쉽게 일어나지 않는 부위로 후방 늑골 골절은 아동의 신체적 학대를 강하게 시사하는 소견이다(Fig. 1) (13, 25). 심폐소생술 중

Fig. 5. Illustrations representing corner and bucket handle fracture patterns of a classic metaphyseal lesion.

A-D. A tangential view shows corner fracture patterns (A, C, arrow). An angled view shows bucket-handle fracture patterns (B, D, arrow). (A) and (B) represent a diffuse bone injury, and (C) and (D) represent a focal injury.

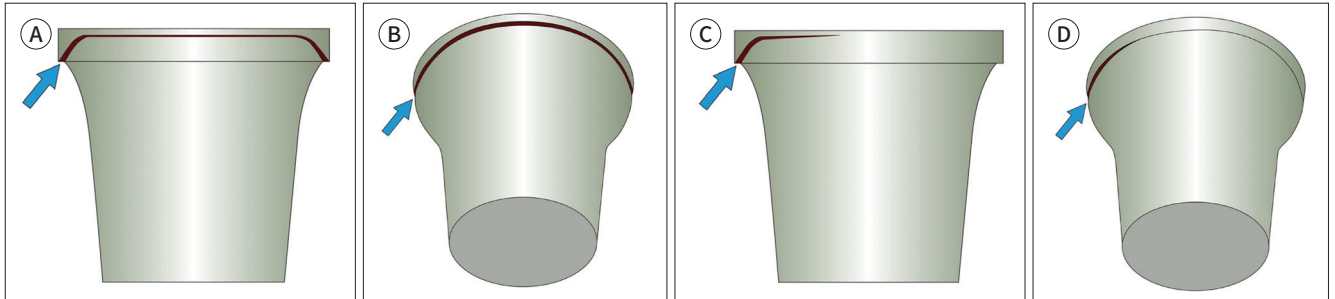
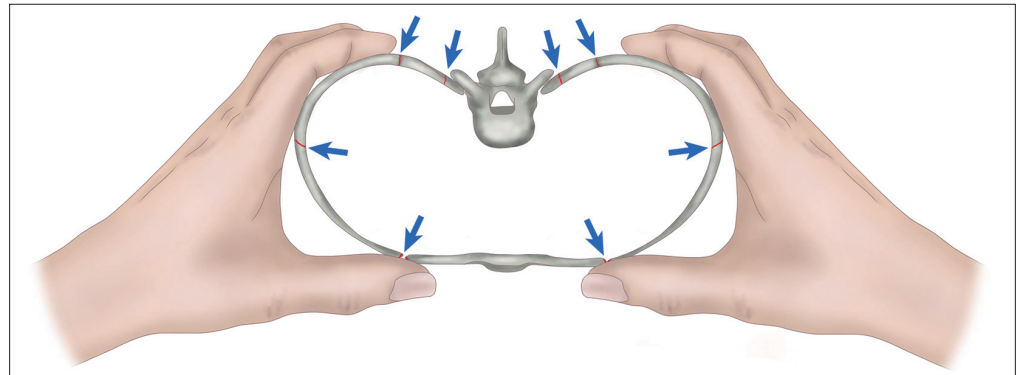


Fig. 6. Illustration of a child's rib fracture in relation to the shaken baby syndrome.

Arrows indicate the sites most vulnerable to fractures.



가슴 압박으로 인해 늑골 골절이 드물게 발생할 수 있는데 골절은 전방 늑골에 나타날 수 있고, 등이 바닥에 닿아 있어 후방 늑골의 움직임을 제한되어 후방 늑골 골절은 잘 발생하지 않는다(26). 초기 X-ray에서 급성 늑골 골절을 발견하기 어려운 경우 뼈스캔이나 2주 뒤 반복 X-ray를 시행하여 가골이나 신생 골 형성을 확인하면 골절을 진단하는데 도움이 된다(Fig. 1) (7, 9).

두개골절

두개골절은 우발사고와 신체적인 학대 모두에서 발생할 수 있다. 두개골절은 둔탁한 충격에 의해 유발되고 단단한 물체로 머리를 치거나 아이를 던져서 땅이나 벽에 부딪히게 할 경우 발생할 수 있다(27). 신체적 학대를 받은 아동의 10% 정도에서 두개골절이 나타나고 2세 이하의 영유아에서는 30% 정도로 그 빈도가 더 높다(20). 두정골 또는 후두골의 선형 또는 함몰 골절을 보일 수 있는데 신체적 학대의 특징적인 소견은 복합 두개골 골절이다(Fig. 2) (13). 영아에서는 성장 두개골절(growing skull fracture)가 흔히 발생한다(Fig. 7) (28). 뇌손상 유무와 두개골절 발생은 유의한 상관관계를 보이지 않았는데 뇌손상이 있는 아동의 30% 정도에서 두개골절이 발생했다(29). 영아의 두개골은 쉽게 변형되는 특징이 있어 골절 없이도 뇌손상이 발생할 수 있다. 우발사고로 인한 두개골절에서는 유의한 뇌손상이 발생하는 경우는 흔하지 않다. 두개골절의 진단에 있어서 CT 검사의 경우 촬영 단면의 방향과 골절이 평행할 경우 발견하기 어려울 수 있고 이 경우 CT 검사의

Fig. 7. Growing skull fracture in a 3-month-old boy (same as Fig. 1).

A. The frontal skull radiograph shows a large right parietal bone defect (arrowheads).

B, C. Unenhanced CT (B) and T2-weighted MR images (C) show herniation of the brain and cerebrospinal space outward in the right parietal region, causing an increased defect. Focal encephalomalacia in the right parietal lobe (arrowheads) and recent subdural hemorrhage in the interhemispheric space (arrow).



scout view를 통해 골절을 평가하는 것이 도움이 된다(30). CT 검사는 bone window로 3D reconstruction을 하면 봉합선과 골절의 구분에 도움이 된다(7).

골절의 치유 시기와 감별진단

신체적 학대가 의심되는 아동에서 골절이 있는 경우 골절이 발생한 시기를 예측하는 것은 학대 행위자를 식별하는데 도움이 될 수 있다. 골절의 치유 시기에 대한 문헌이 많지 않지만 골막하 신생골 형성은 골절이 발생한 후 10일 내에 나타나고 가골 형성은 골절 후 2~4주 뒤에 보일 수 있다. 골절 부위의 불완전한 연결(incomplete bridging)은 골절 후 3주 내에 나타나고 40% 정도에서 골절 후 10주에 골절선이 사라지는 완전 연결을 보였다(31). 영아의 경우 좀 더 나이가 많은 아동이나 성인과 비교 시 골절의 치유 속도가 빠르다. 영상의학과 의사는 골절이 최근에 발생한 것인지 오래된 것인지를 구분하고 여러 골절이 있는 경우 골절의 시기가 비슷한지 다른지 여부를 알 수 있어야 한다.

골절이 있는 영아를 평가할 때 검사실 소견과 분자유전학적 검사를 통해 골절의 다른 원인인 구루병, 골이형성증, 선천성 감염 등을 감별해야 한다. 구루병(rickets) 또는 비타민 D가 부족할 경우 다수의 골절, 골간단 골절, 늑골 골절, 두개골 봉합선 분리(diastasis) 등의 여러 다양한 골절이 나타날 수 있어 신체적 학대와 감별이 어려울 때가 있다(32). 하지만 두개내 출혈은 구루병 또는 비타민 D 부족으로 설명되지 않는다. 골형성부전(osteogenesis imperfecta)은 다수의 골절과 간혹 경막하 출혈을 보일 수 있는 점에서 신체적 학대와 감별이 필요하다(Fig. 8) (33). 하지만 골형성부전은 COL1A1/2 유전자 변이에 의해 기인되는 유전성 질환으로 다른 추가적인 소견인 근육 긴장도 저하, 관절이상, 푸른색 공막, 뼈의 변형 등을 보일 수 있다.

학대로 인한 머리 손상(Abusive Head Trauma)

학대로 인한 머리 손상(abusive head trauma; 이하 AHT)은 둔탁한 충격, 흔들림 손상(shaking

injury), 압박, 질식, 목 졸림 등 매우 다양한 기전에 의해 나타날 수 있다(27).

머리에 둔탁한 충격이 가해질 경우 두개골절, 뇌좌상과 같은 국소적인 손상과 모상건막하 출혈(subgaleal hemorrhage), 경막외 출혈(epidural hemorrhage), 그리고 경막하 출혈(subdural hemorrhage) 등의 축외 출혈을 동반할 수 있다(34, 35).

오랜 시간 동안 AHT의 기전은 흔들린 아이 증후군으로 설명되었다. 이는 영유아의 어깨나 가슴을 잡고 강하게 흔드는 것으로 가속 또는 감속에 의한 힘의 변화로 뇌손상이 발생하는 것으로 본다(Fig. 9) (27, 36, 37). 양측 대뇌 반구가 서로 다른 속도로 앞뒤로 흔들리면서 대뇌 정맥에 전단력(shearing force)이 생겨 경막하 출혈이 발생한다. 이때 앞뒤로 움직이는 선형의 힘 외에도 회전가속 손상(angular or rotational shearing injury)이 미만성 축삭 손상이나 뇌출혈을 더욱 악화시킨다(37). 영아는 두개골이 상대적으로 크고 목 근육이 약해서 다른 연령의 아동보다 더 많은 손상을 받게 된다. Caffey (38) 역시 흔들린 아이 증후군에서 나타나는 뇌손상에 대해 회전가속 이론을 주장하였다. 또한 흔들린 아이 증후군이 나타난 영유아에서 임상 병력에서 이차적인 충격이 있었다

Fig. 8. Osteogenesis imperfecta. A 9-month-old girl with joint laxity, a short stature, and a history of left humeral fractures.

A, B. Frontal and lateral radiographs of the lower extremities show a fracture in the left distal femur (arrows), bowing deformity of the left femur (dotted arrow), bilateral tibia vara, bilateral coxa valga deformity, and mild left hip subluxation (arrowhead).



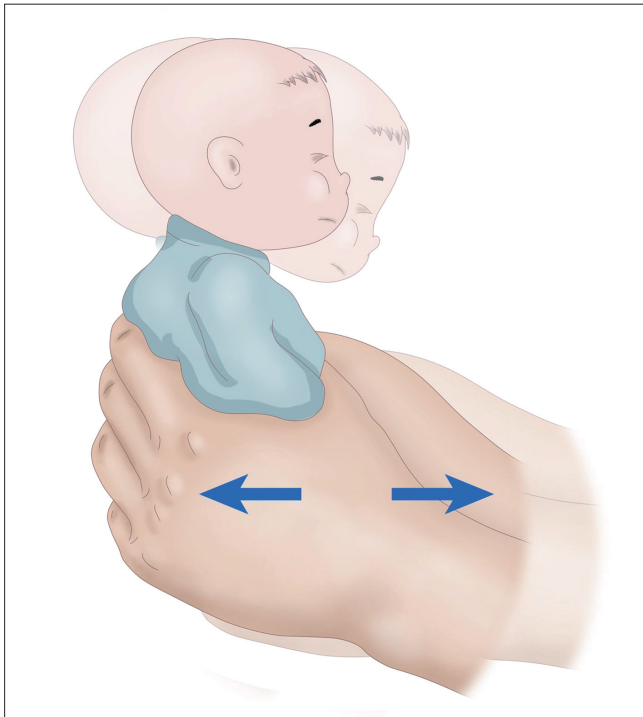


Fig. 9. Illustration depicting the mechanism underlying an abusive head trauma.

는 증거가 부족했고 망막출혈이 흔들린 아이 증후군에서는 매우 흔히 나타나는 반면 비슷한 기전의 차량 충돌 사고에서는 2%로 매우 드물게 나타났다(39). 하지만 흔들린 인형 모델을 통한 실험에서 흔들는 힘만으로는 충분한 회전가속 손상이 나타나지 않았고 이를 토대로 추가적인 충격이 동반되어야 한다는 주장이 제기되었다(40). 이뿐만 아니라 뇌손상이 회전가속 힘이나 이차적인 충격으로 인한 것이 아닌 저산소혈증에 의해 유발된다는 가설이 있다. 흔들림 손상을 받는 동안 머리와 목이 순간적으로 빠르게 뒤로 젖혀졌다가 앞으로 돌아오면서 과신전-굴절 손상이 나타나(whiplash injury, hyperextension and flexion injury), 교뇌(pons), 연수(medulla), 경추 신경이 손상을 받게 되고 이에 따라 심장 호흡기계의 변화가 생겨 무호흡이 발생할 수 있다(41). 직접적인 경연수(cervicomedullary) 손상이나 무호흡으로 인한 저산소성 허혈성 뇌손상이 발생하는 것으로 보고 있다. 하지만 이 가설에 의해서는 경막하 출혈이나 망막출혈이 발생하는 것이 설명되지 않는다.

목 졸림이나 질식에 의한 손상은 총경동맥의 혈류 장애로 저산소성 허혈성 뇌손상이 나타날 수 있고 목을 잡고 흔들면 대뇌 연결정맥(bridging vein)의 파열로 경막하 출혈이 나타날 수 있다(27).

AHT를 평가할 때 피부의 타박상을 잘 살펴봐야 한다. 아직 걷지 못하는 영아에서 입안을 포함한 얼굴이나 몸통의 타박상은 신체적인 학대를 의심하게 하는 중요한 소견이다(2). 특히, 아이가 울 때 조용히 하게 하려고 입을 막다가 구강점막이 찢어지는 경우가 발생할 수 있다. 또한 안저 검사를 통해 망막출혈 유무와 그 범위를 평가해야 한다. 망막출혈은 뇌손상과 마찬가지로 회전가속 힘에 의해 안구 내의 유리체의 움직임이 뒤틀리면서 유발되는 망막전인으로 출혈이 발생할 수 있고 흉부 압박에 따른 대뇌 정맥압이 상승하면서 나타날 수도 있다. 망막출혈은 신체적 학대에 따른 뇌손상이 있는 아동의 50~100%에서 나타났다(42). 하지만 망막출혈의 원인은 다양하고 임상 소견을 토대로 AHT와 감별이 필요하다.

AHT가 의심되는 경우 조영 전 뇌 CT 검사를 초기 선별검사로 시행한다(7, 9). CT 검사는 1세 이하 영아에서 AHT가 의심될 때 시행하고 1세 이상의 영유아는 신경학적 이상이 있거나 얼굴 부위 상처가 있을 경우 시행한다(7). CT 검사는 급성기 손상이 있는 불안정한 아동에서 시행할 수 있는 장점이 있다. Multiplanar reformation이나 두개골에 대한 3D volume rendering은 골절이나 소량의 뇌출혈에 대한 진단율을 높일 수 있다(7).

MRI 검사는 CT 검사에서 이상 소견이 있는 경우와 CT 검사가 정상 소견이지만 임상적으로 AHT가 의심되는 경우 시행한다(7). MRI는 소량의 축외 출혈이나 뇌실질 손상을 민감하게 발견할 수 있다. MRI는 T1 강조영상, T2 강조영상, fluid attenuation inversion recovery (이하 FLAIR) 영상, T2* 강조영상(gradient-echo or susceptibility weighted imaging), 확산강조영상이 포함되고 조영제를 사용하지 않는 것을 우선적으로 권장하고 있다. 확산강조영상은 급성 뇌실질 손상 발견에 유용하고(Fig. 10) T2* 강조영상은 뇌실질의 미세출혈뿐 아니라 망막출혈을 발견하는데 도움이 된다(Fig. 11) (7). MRI는 검사 시간이 길고 진정요법이 필요한 경우가 많아 응급상황에서는 잘 시행하지 않는다. MRI 검사는 급성 또는 만성 손상을 발견하는데 민감도와 특이도가 매우 높고 AHT가 있는 영아에서 간혹 신경학적 이상 소견이 나타나지 않을 수 있기 때문에 흔들림이나 충격 손상과 관련된 특징적인 골절이 있는 경우에 반드시 시행해야 한다(43).

축외 출혈

경막하 출혈과 지주막하 출혈은 AHT에서 흔히 볼 수 있는 소견인데 반해 경막외출혈은 우발적 사고에서 더 흔히 나타난다.

경막하 출혈은 AHT가 있는 영아에서 가장 흔하게 나타나는 소견이다(34, 36). 출혈은 후방부나 반구간열에서 흔히 나타나고 양측 대뇌 고랑을 따라서 퍼진다(Figs. 2, 7, 10). 흔들림 손상을 받게 되면 대뇌검(cerebral falx)에 전단력이 가해지면서 이 부위의 대뇌 연결 정맥이 쉽게 찢어진다. 영아에서 임상 병력과 잘 맞지 않는 시기가 서로 다른 경막하 출혈은 AHT를 강력히 시사하지만 AHT 외에도 분만 외상, 요추천자와 같은 내과적 외과적 시술, 혈액 응고장애, 감염병, 대사질환으로 인해 경막하 출혈이 나타날 수 있어 경막하 출혈이 있는 영아를 평가할 때는 임상 병력과 검사 소견을 함께 고려해야 한다(44). 혈액응고장애와 연관된 출혈은 축외 뿐 아니라 축내 출혈도 나타날 수 있고 종종 뇌부종을 동반하면서 AHT를 가장한다. 세균성 또는 바이러스성 감염이 있을 경우 임상적으로 뇌증의 소견을 보이고 뇌부종과 경막하 출혈이 나타나고 드물게 뇌실질 내 출혈도 나타날 수 있다. 특히, 대사 질환은 양측 경막하 출혈을 동반할 수 있어 유념해야 한다. Glutaric aciduria type 1은 glutaryl-CoA 탈수소화의 결핍이 원인이고 특징적인 영상 소견은 실비우스 열구(sylvian fissure)와 뇌바닥수조(basal cistern)의 확장, 덮개화 형성장애(poor opercularization), 미만성 백질 이상, 기저핵 이상이 있고 축외 공간이 넓어지면서 양측 경막하 출혈이 나타난다. Menkes disease는 ATP7A 유전자의 돌연변이로 인해 구리 대사과정의 장애가 나타나는 유전 질환이다. 영상검사서 혈관의 나선형 꼬임, 수포화 결함, 기저핵 이상, 뇌실질 위축이 나타난다. 또한 25%에서 경막하 출혈이 있고 골밀도 감소에 따라 골절과 두개골 골절과 감별을 요하는 보름뼈(wormian bone)가 동반될 수 있다(Fig. 12) (44).

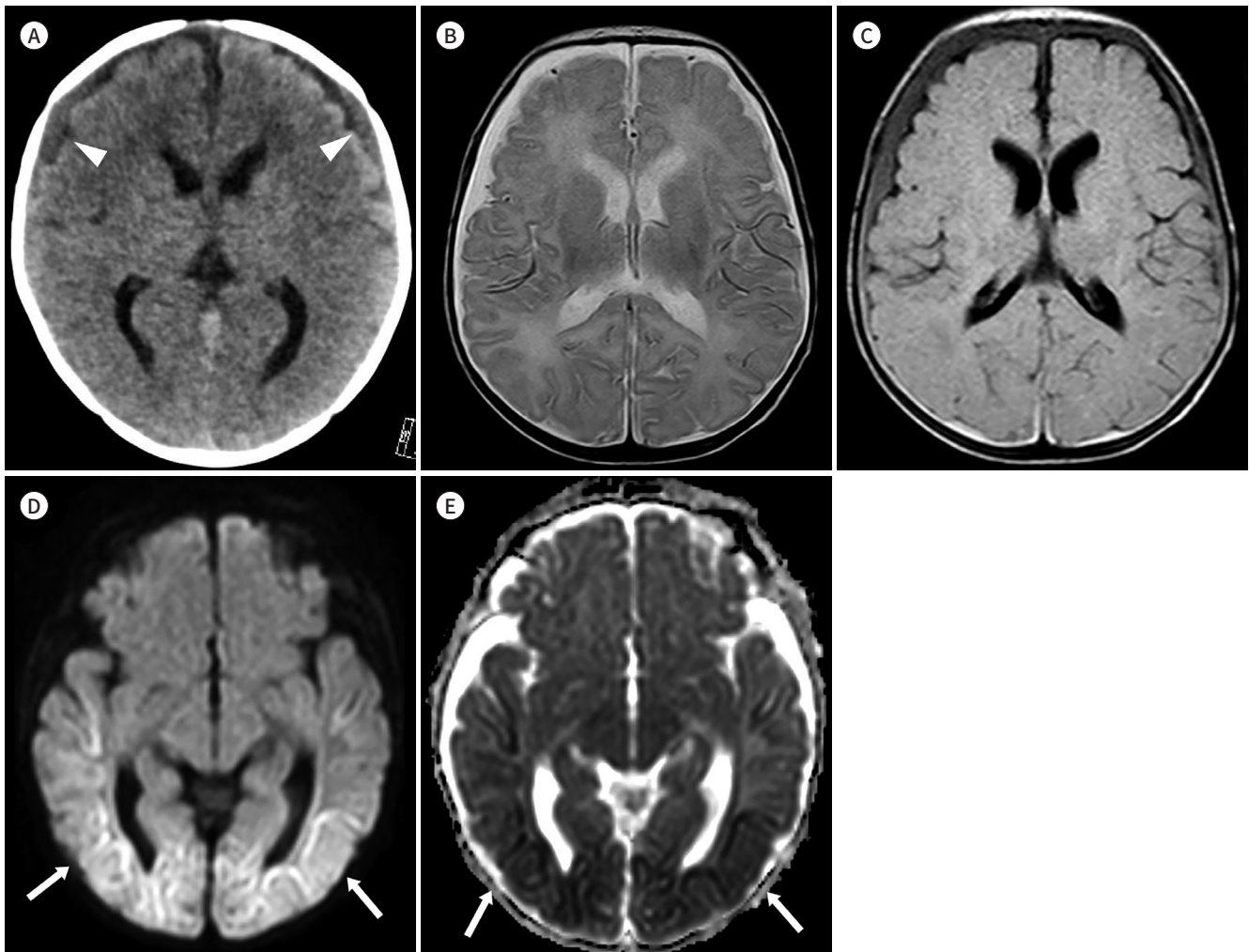
소량의 급성 경막하 출혈은 CT 검사에서 beam-hardening effect로 인해 잘 보이지 않을 수 있다. 또한 아급성 또는 만성 경막하 출혈은 뇌실질이나 뇌척수액과 비슷한 음영을 보여 구분이 어려울 수 있다. CT와 달리, MRI 검사는 소량의 경막하 출혈을 잘 나타내고 출혈의 시기를 예측할 수 있다. 급성 경막하 출혈(1~3일)은 T1 강조영상에서 등신호 또는 저신호강도이고 T2 강조영상에서 저신호강도이고, 초기 아급성 경막하 출혈(3~7일)은 T1 강조영상에서 고신호강도이고 T2 강조영상에서 저신호강도이고, 후기 아급성 경막하 출혈(7~21일)은 T1 강조영상과 T2 강조영상 모두에서 고신호강도이고, 만성 경막하 출혈(> 21일)은 T1 강조영상에서 등신호 또는 저신호강도이고 T2 강조영상에서 고신호강도를 보인다. 하지만 경막하 출혈의 MRI의 신호강도는 출혈의 양과 위치, 출혈과 뇌척수액의 혼합 정도에 따라 다양하게 나타날 수도 있다. 특히 반복적인 외상을 받은 경우 다양한 신호강도를 보일 수 있어 외상의 시기를 예측하는데 주의를 요한다(34).

Fig. 10. Subdural hemorrhage and parenchymal injury in a 2-month-old boy.

A. The unenhanced CT scan shows subacute subdural hemorrhage in bilateral cerebral convexity (arrowheads).

B, C. T2-weighted (**B**) and fluid-attenuated inversion recovery (**C**) MR images show bilateral subdural hemorrhage with no focal parenchymal lesions. The white matter is not yet myelinated.

D, E. The diffusion-weighted image (**D**) and apparent diffusion coefficient map (**E**) show bilateral cytotoxic edema in the bilateral temporo-occipital lobes (arrows).



지주막하 출혈은 피질, 연막, 그리고 지주막하 정맥이 전단력에 의해 찢어지거나 직접 충돌에 의해 발생한다. 지주막 혈관은 경질(dural) 연결 정맥과 가까이 있어 지주막 혈관이 찢어지면 연결 정맥도 같이 다칠 수 있어 지주막하 출혈은 경막외 출혈과 동반되어 나타날 수 있다(23, 45). 지주막하 출혈도 대뇌점 근처의 반구간열과 높은 부위의 대뇌 궁융부(high convexity)에 많이 나타난다. 지주막하 출혈은 CT와 MRI FLAIR 영상에서 잘 나타난다.

뇌실질 손상

AHT의 뇌실질 손상은 다양한 형태로 나타날 수 있고 미만성 축삭 손상, 뇌좌상, 그리고 저산소

Fig. 11. Subdural hemorrhage and parenchymal injury in a 3-month-old girl. MR imaging performed 5 days after admission.
A. The T2-weighted MR image shows hemorrhagic infarctions (short arrows) and increased signal in the splenium, suggesting an axonal injury (long arrow).
B. The gradient echo image shows additional hemorrhagic foci associated with a diffuse axonal injury (arrowheads).
C. Surrounding edema is better seen in the fluid-attenuated inversion recovery image. Also note a drain catheter for subdural hemorrhage (arrow).
D. The contrast-enhanced T1-weighted MR image shows a diffuse cortical laminar injury.
E. The follow-up CT scan 2 weeks later shows severe encephalomalacia in the injured brain regions and increased subdural hemorrhage in the bilateral cerebral convexities at different stages.

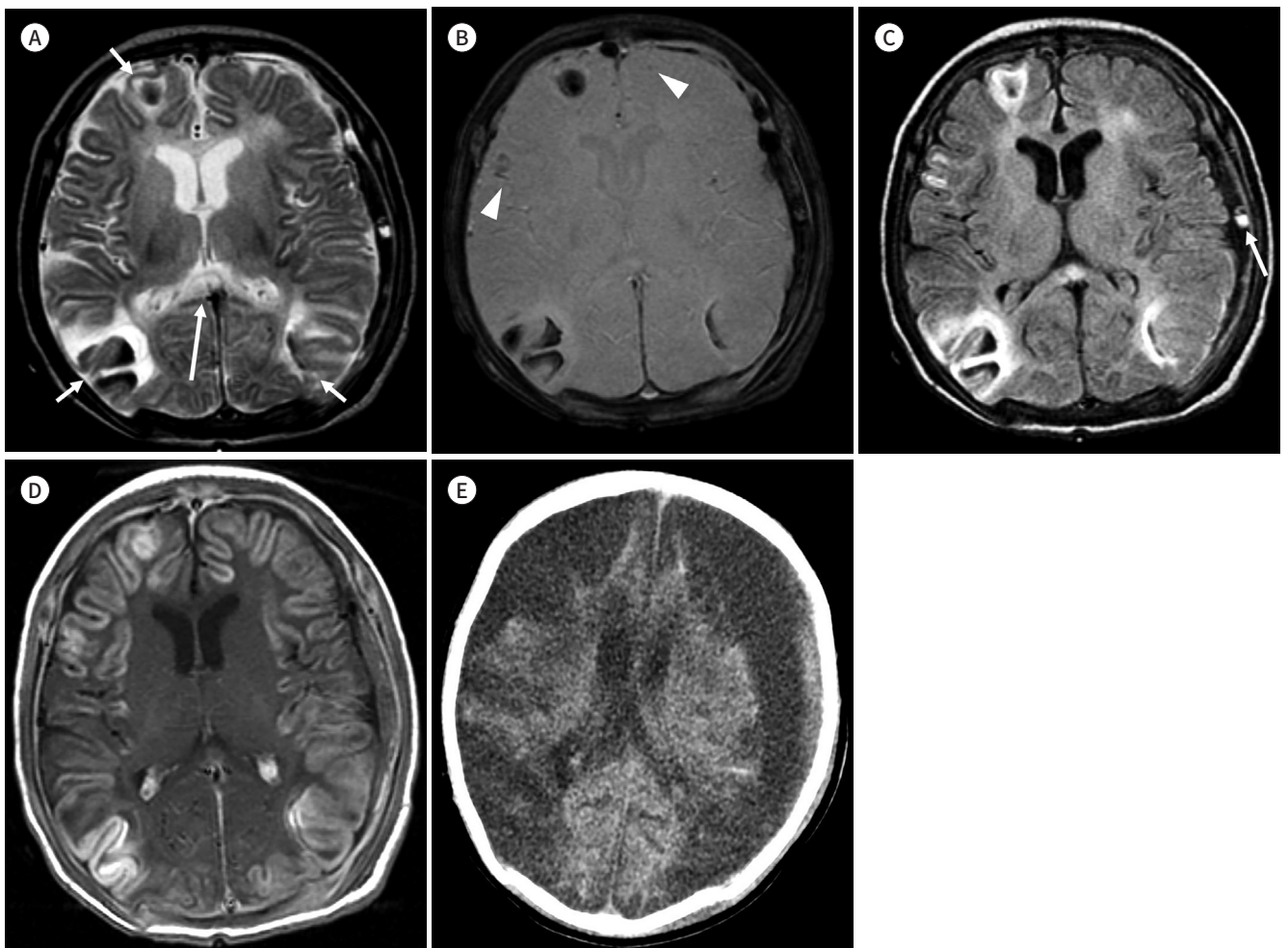
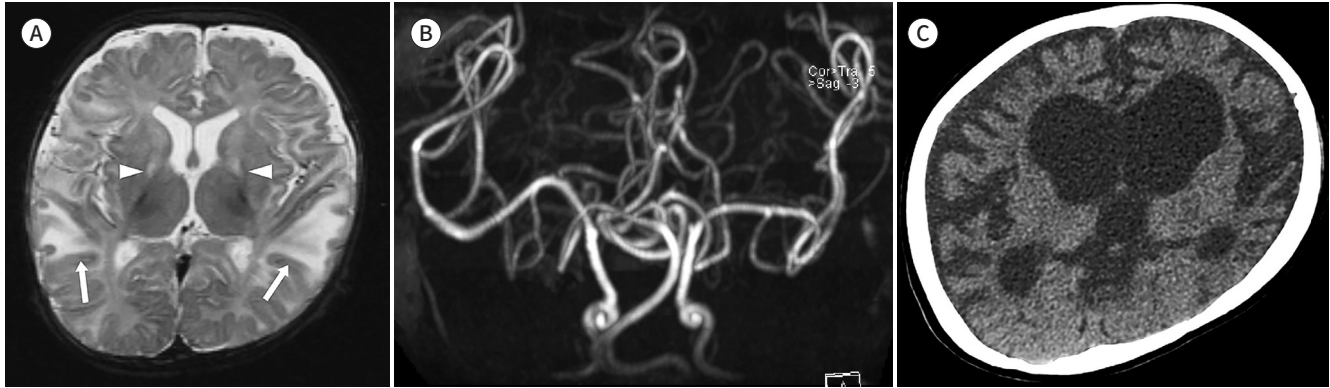


Fig. 12. Menkes disease in a 4-month-old boy.

- A. The T2-weighted MR image shows T2 prolongation in bilateral basal ganglia (arrowheads) and subcortical white matter (arrows).
- B. MR angiography shows tortuous intracranial vessels.
- C. The follow-up CT image acquired at 2 years of age shows brain atrophy with bilateral subdural effusion.



성 허혈성 뇌손상으로 나눌 수 있다(27, 35, 45, 46).

미만성 축삭 손상은 심한 회전 가속력에 의해 유발된다. 회전 가속력 손상은 피질하 백질, 뇌량, 뇌간, 속섬유막(internal capsule)에 나타나고 T2* 강조영상은 미세출혈을 발견하는데 민감한 검사이다. FLAIR 영상도 병변 주변의 미미한 부종을 발견하는데 도움이 된다(Fig. 11). 확산강조영상은 초기 축삭 손상과 비출혈성 축삭 손상의 진단에 민감하고 T2 강조영상에 비해 더 넓은 범위의 백질 손상을 보여준다(27, 47).

뇌좌상은 두개저에 가까운 전두엽 또는 측두엽에 흔히 나타난다. 땅이나 벽으로 아동을 던지거나 딱딱한 물건으로 머리를 가격하는 등의 직접적인 충격에 의해 나타나고 두개골절이 흔히 동반된다. 뇌좌상이 발생하면 주변 뇌실질의 부종이나 피질과 피질하 백질의 출혈이 동반되는 경우가 있다(35).

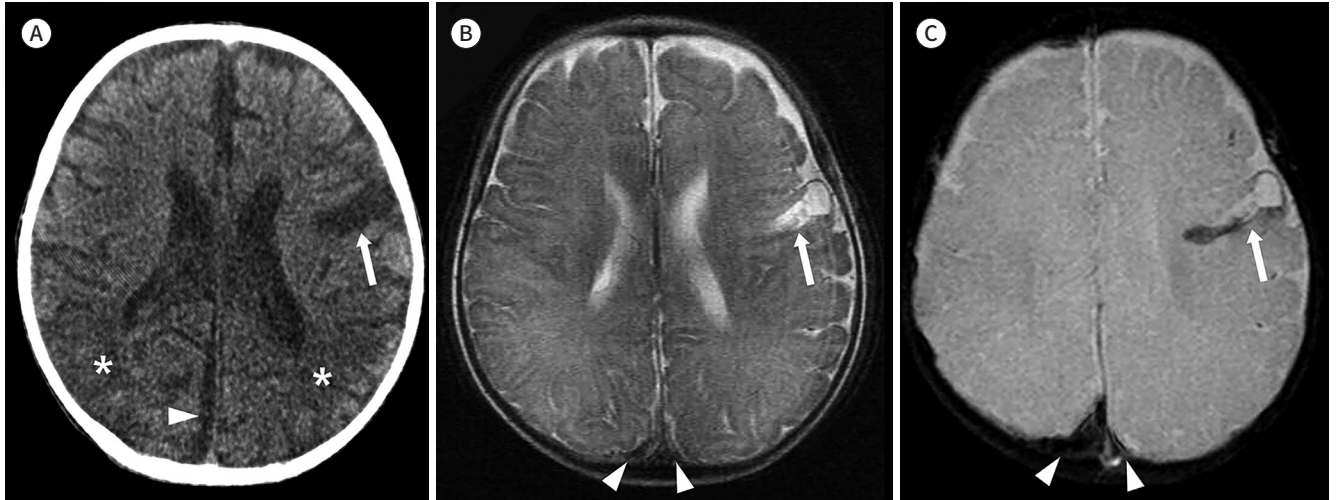
뇌실질 열상(parenchymal laceration)은 피질하 백질의 국소적 열상이고 회전가속 손상이나 뇌좌상에 의해 발생하는 것으로 보고 있다(Fig. 13) (23, 48). Palifka 등(48)의 연구에서 뇌실질 열상은 AHT가 있는 아동의 18%에서 나타났고 우발적 사고가 있었던 아동에서는 발견되지 않아 AHT와 관련이 있는 것으로 보고 있다. 또한 뇌실질 열상이 있었던 모든 아동들은 다른 AHT의 소견인 망막출혈이나 축외 출혈을 항상 동반하였다.

AHT의 저산소성 허혈성 뇌손상은 여러 가지 원인에 의해 나타난다. 흔들림 손상으로 인한 경연수 손상이나 무호흡에 의해 유발될 수 있고 질식, 목 졸림, 충격에 의해 나타날 수도 있다(6, 23, 27, 45). 저산소성 허혈성 뇌손상은 CT에서 미만성 또는 국소적 저음영과 회백질 구분이 불분명해지는 소견을 보인다. 부종이 광범위할 경우 고랑이 소실되고 이탈(herniation)이 나타난다. CT보다 MRI가 더 높은 민감도를 보여주며 MRI에서는 혈관성 부종, 미만성 뇌경색, 분수계 경색증(watershed infarction), 정맥성 경색(venous infarction)으로 나타날 수 있다(Figs. 10, 11). 확산강조영상은 초기의 세포독성 부종을 잘 나타내고 다른 MRI 영상에 비해 더 넓은 범위의 병변을 보여준다. T2 강조영상에서는 고신호강도의 부종으로 보이는데 미성숙한 무수초 뇌(immature unmyelinated brain)에서는 수분함량이 높아 부종을 감별하기 어려운 경우가 있다. 위치하면서

Fig. 13. Parenchymal laceration in a 6-month-old girl.

A, B. CT and T2-weighted MR images show a fluid-filled parenchymal cleft (arrows) in the left frontal white matter. Note the subdural hemorrhage (arrowheads) and hypoxic ischemic injury (asterisks) in bilateral parietooccipital lobes.

C. The gradient echo image clearly demonstrates blooming from the hemosiderin-lined cleft (arrow) and subdural hemorrhage (arrowheads).



어른이 한 손으로 아이의 목을 잡고 흔드는 경우 한쪽의 혈류에 심각한 장애가 초래되어 한쪽의 광범위한 피질 경색과 백질 손상을 보이거나 내경동맥 분포를 따르는 손상을 보일 수 있다(46).

척추 손상

ACR은 AHT가 의심되는 아동에서 전체 척추 중 경추 손상이 빈도가 높기 때문에 뇌 MRI 검사를 시행할 때 경추 부분을 포함하여 스캔할 것을 권고하였지만 미국 소아과학회와 영국 영상의학회는 머리뿐 아니라 척추 전체에 대한 MRI 검사를 추천한다(47).

신체적 학대가 의심되는 아동에서 척추 골절은 0.3~5%로 드물게 나타났고 대개 흉요추의 압박 골절이었다(49, 50). 경추 인대 손상은 흔들림 힘에 의한 과신전-굴절 손상으로 발생하고 AHT가 있는 아동의 42~78%에서 나타났고 저산소성 허혈성 뇌손상과 연관이 높게 나타났다(49-51). AHT가 있는 아동에서 척추 경막하 출혈은 16~63%까지 보고되고 있고 우발적 사고의 경우와 비교 시 통계적으로 유의하게 높았다(50, 51).

흉부와 복부 손상

신체적 학대에 의한 흉부와 복부의 단독 손상은 2~4%로 AHT에 비해 빈도가 낮고 영아보다는 조금 더 나이가 많은 유아(중양값, 2.6세)에 나타나고 치료가 늦어지거나 증상이 오인되는 경우가 많아 사망의 위험성이 높다(23, 52). 복부에서는 간, 비장, 췌장, 십이지장을 비롯한 내장의 손상이 나타날 수 있고 열상이나 혈종을 동반한다(Fig. 14). 흉부에서는 폐좌상, 흉수, 식도나 인후두 손상, 심장 열상 등이 드물게 보고되었다. AHT가 있는 아동에서 증상이 나타나 않는 복부 손상이 있을 수 있어 AHT가 의심되거나 확인된 경우 혈중 간과 췌장 효소에 대한 검사를 해야 한다. 복통을 비롯한 소화기계 증상이나 호흡기계 증상이 있는 경우. 생체징후가 불안정한 경우, 간이나 췌장 효소 수치 증가가 있는 경우 조영증강 CT 검사를 시행하고 복부 손상의 가능성이 낮은 경우 초음

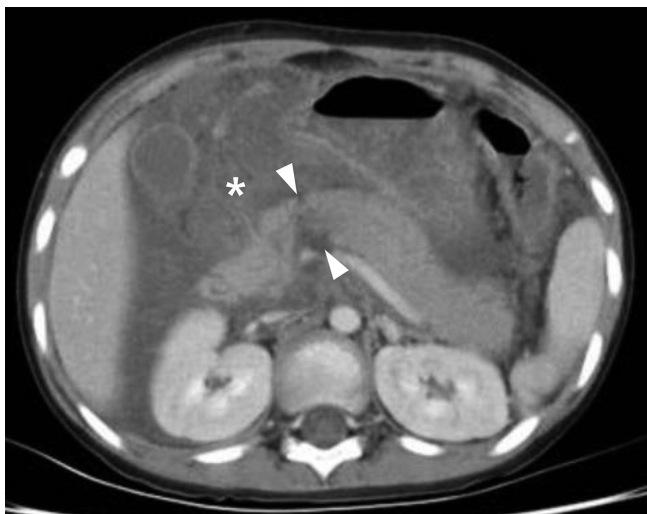


Fig. 14. Pancreas injury in a 6-year-old girl.

The contrast-enhanced CT scan shows proximal pancreatic transection (arrowheads) with massive peripancreatic hematoma (asterisk) (Courtesy of Dr. Kyoung Ja Lim, Hallym University College of Medicine, Kangdong Seong-Sim Hospital, Seoul, Korea).

파검사를 고려해 볼 수 있다(2, 23).

결론

아동의 신체적인 학대는 드물지 않게 일어날 수 있다. 영상의학과 의사는 신체적인 학대가 의심되는 아동에서 적절한 영상의학적 검사를 선택하고 주의 깊은 병력 청취와 신체검진 및 진단 검사 소견과 아동의 운동 발달 정도를 고려하여 우발적 손상을 비롯한 다른 질환을 감별할 수 있어야 한다. 또한 신체적 학대가 의심될 경우 신고할 의무가 있으며 발견된 소견들을 상세히 기록하여야 한다. 아동의 내원 사유와 관계없이 신체적 학대에 대한 가능성을 열어 두고 이를 조기에 정확하게 인지하는 것은 많은 아동들의 삶에 커다란 영향을 줄 수 있음을 염두에 두어야 한다.

Author Contributions

Conceptualization, J.T.Y.; data curation, J.T.Y.; investigation, all authors; supervision, J.T.Y.; visualization, J.T.Y.; writing—original draft, J.T.Y.; and writing—review & editing, J.T.Y.

Conflicts of Interest

The authors have no potential conflicts of interest to disclose.

Acknowledgments

The authors thank Dr. Hye-Kyung Yoon (Human Medical Imaging & Intervention Center, Seoul, Korea) for providing figures of classic metaphyseal lesion and Dr. Kyoung Ja Lim (Hallym University College of Medicine, Kangdong Seong-Sim Hospital, Seoul, Korea) for providing figures of pancreas injury.

REFERENCES

1. Ministry of Health & Welfare, National Child Protection Agency. 2017 child abuse & neglect Korea. Available at. http://korea1391.go.kr/new/bbs/board.php?bo_table=report&wr_id=9870&page=1. Published 2018. Accessed Feb 20, 2020
2. Berkowitz CD. Physical abuse of children. *N Engl J Med* 2017;376:1659-1666
3. Duhaime AC, Christian CW, Rorke LB, Zimmerman RA. Nonaccidental head injury in infants--the "shaken-

- baby syndrome." *N Engl J Med* 1998;338:1822-1829
4. US Department of Health and Human Services, Administration for Children and Families, Children's Bureau. Child maltreatment 2018. Available at: <https://www.acf.hhs.gov/sites/default/files/cb/cm2018.pdf>. Published 2018. Accessed Feb 20, 2020
 5. Keenan HT, Runyan DK, Marshall SW, Nocera MA, Merten DF, Sinal SH. A population-based study of inflicted traumatic brain injury in young children. *JAMA* 2003;290:621-626
 6. Kemp AM, Butler A, Morris S, Mann M, Kemp KW, Rolfe K, et al. Which radiological investigations should be performed to identify fractures in suspected child abuse? *Clin Radiol* 2006;61:723-736
 7. Expert Panel on Pediatric Imaging; Wootton-Gorges SL, Soares BP, Alazraki AL, Anupindi SA, Blount JP, Booth TN, et al. ACR Appropriateness Criteria[®] suspected physical abuse-child. *J Am Coll Radiol* 2017;14:S338-S349
 8. Wood JN, Fakeye O, Feudtner C, Mondestin V, Localio R, Rubin DM. Development of guidelines for skeletal survey in young children with fractures. *Pediatrics* 2014;134:45-53
 9. American College of Radiology. ACR-SPR practice parameter for skeletal surveys in children. Available at: <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/Skeletal-Survey.pdf>. Published 2016. Accessed Feb 20, 2020
 10. Bennett BL, Chua MS, Care M, Kachelmeyer A, Mahabee-Gittens M. Retrospective review to determine the utility of follow-up skeletal surveys in child abuse evaluations when the initial skeletal survey is normal. *BMC Res Notes* 2011;4:354
 11. Phillips KL, Bastin ST, Davies-Payne D, Browne D, Bird HL, Craw S, et al. Radiographic skeletal survey for non-accidental injury: systematic review and development of a national New Zealand protocol. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2015;59:54-65
 12. Karmazyn B, Lewis ME, Jennings SG, Hibbard RA, Hicks RA. The prevalence of uncommon fractures on skeletal surveys performed to evaluate for suspected abuse in 930 children: should practice guidelines change? *AJR Am J Roentgenol* 2011;197:W159-163
 13. O'Connor JF, Cohen J. *Diagnostic imaging of child abuse*. 2nd ed. St Louis: Mosby 1998:168-177
 14. Duffy SO, Squires J, Fromkin JB, Berger RP. Use of skeletal surveys to evaluate for physical abuse: analysis of 703 consecutive skeletal surveys. *Pediatrics* 2011;127:e47-52
 15. Hansen KK, Keeshin BR, Flaherty E, Newton A, Passmore S, Prince J, et al. Sensitivity of the limited view follow-up skeletal survey. *Pediatrics* 2014;134:242-248
 16. Conway JJ, Collins M, Tanz RR, Radkowski MA, Anandappa E, Hernandez R, et al. The role of bone scintigraphy in detecting child abuse. *Semin Nucl Med* 1993;23:321-333
 17. Caffey J. Some traumatic lesions in growing bones other than fractures and dislocations: clinical and radiological features: The Mackenzie Davidson Memorial Lecture. *Br J Radiol* 1957;30:225-238
 18. Kleinman PK, Marks SC, Blackbourne B. The metaphyseal lesion in abused infants: a radiologic-histopathologic study. *AJR Am J Roentgenol* 1986;146:895-905
 19. Kleinman PK, Marks SC Jr, Richmond JM, Blackbourne BD. Inflicted skeletal injury: a postmortem radiologic-histopathologic study in 31 infants. *AJR Am J Roentgenol* 1995;165:647-650
 20. King J, Diefendorf D, Apthorp J, Negrete VF, Carlson M. Analysis of 429 fractures in 189 battered children. *J Pediatr Orthop* 1988;8:585-589
 21. Adamsbaum C, De Boissieu P, Tégas JP, Rey-Salmon C. Classic metaphyseal lesions among victims of abuse. *J Pediatr* 2019;209:154-159.e2
 22. Kleinman PK. Problems in the diagnosis of metaphyseal fractures. *Pediatr Radiol* 2008;38 Suppl 3:S388-394
 23. Lonergan GJ, Baker AM, Morey MK, Boos SC. From the archives of the AFIP. Child abuse: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics* 2003;23:811-845
 24. Kemp AM, Dunstan F, Harrison S, Morris S, Mann M, Rolfe K, et al. Patterns of skeletal fractures in child abuse: systematic review. Version 2. *BMJ* 2008;337:a1518
 25. Barsness KA, Cha ES, Bensard DD, Calkins CM, Partrick DA, Karrer FM, et al. The positive predictive value of rib fractures as an indicator of nonaccidental trauma in children. *J Trauma* 2003;54:1107-1110
 26. Kleinman PK, Schlesinger AE. Mechanical factors associated with posterior rib fractures: laboratory and case studies. *Pediatr Radiol* 1997;27:87-91
 27. Hsieh KL, Zimmerman RA, Kao HW, Chen CY. Revisiting neuroimaging of abusive head trauma in infants and young children. *AJR Am J Roentgenol* 2015;204:944-952
 28. Donahue DJ, Sanford RA, Muhlbauer MS, Chaddock WM. Cranial burst fracture in infants: acute recognition

- and management. *Childs Nerv Syst* 1995;11:692-697
29. Arnholz D, Hymel KP, Hay TC, Jenny C. Bilateral pediatric skull fractures: accident or abuse? *J Trauma* 1998;45:172-174
 30. Barkovich AJ, Raybaud C. *Pediatric neuroimaging*. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins 2011:273-278
 31. Islam O, Soboleski D, Symons S, Davidson LK, Ashworth MA, Babyn P. Development and duration of radiographic signs of bone healing in children. *AJR Am J Roentgenol* 2000;175:75-78
 32. Perez-Rossello JM, Feldman HA, Kleinman PK, Connolly SA, Fair RA, Myers RM, et al. Rachitic changes, demineralization, and fracture risk in healthy infants and toddlers with vitamin D deficiency. *Radiology* 2012;262:234-241
 33. Cheung MS, Glorieux FH. Osteogenesis Imperfecta: update on presentation and management. *Rev Endocr Metab Disord* 2008;9:153-160
 34. Wittschieber D, Karger B, Pfeiffer H, Hahnemann ML. Understanding subdural collections in pediatric abusive head trauma. *AJNR Am J Neuroradiol* 2019;40:388-395
 35. Wright JN. CNS injuries in abusive head trauma. *AJR Am J Roentgenol* 2017;208:991-1001
 36. Gerber P, Coffman K. Nonaccidental head trauma in infants. *Childs Nerv Syst* 2007;23:499-507
 37. Bandak FA. Shaken baby syndrome: a biomechanics analysis of injury mechanisms. *Forensic Sci Int* 2005;151:71-79
 38. Caffey J. The whiplash shaken infant syndrome: manual shaking by the extremities with whiplash-induced intracranial and intraocular bleedings, linked with residual permanent brain damage and mental retardation. *Pediatrics* 1974;54:396-403
 39. Elder JE, Taylor RG, Klug GL. Retinal haemorrhage in accidental head trauma in childhood. *J Paediatr Child Health* 1991;27:286-289
 40. Duhaime AC, Gennarelli TA, Thibault LE, Bruce DA, Margulies SS, Wiser R. The shaken baby syndrome. A clinical, pathological, and biomechanical study. *J Neurosurg* 1987;66:409-415
 41. Hadley MN, Sonntag VK, Rekeate HL, Murphy A. The infant whiplash-shake injury syndrome: a clinical and pathological study. *Neurosurgery* 1989;24:536-540
 42. Aryan HE, Ghosheh FR, Jandial R, Levy ML. Retinal hemorrhage and pediatric brain injury: etiology and review of the literature. *J Clin Neurosci* 2005;12:624-631
 43. Section on Radiology; American Academy of Pediatrics. Diagnostic imaging of child abuse. *Pediatrics* 2009; 123:1430-1435
 44. Mankad K, Chhabda S, Lim W, Oztekin O, Reddy N, Chong WK, et al. The neuroimaging mimics of abusive head trauma. *Eur J Paediatr Neurol* 2019;23:19-30
 45. Orman G, Kralik SF, Meoded A, Desai N, Risen S, Huisman TAGM. MRI findings in pediatric abusive head trauma: a review. *J Neuroimaging* 2020;30:15-27
 46. Ashwal S, Wycliffe ND, Holshouser BA. Advanced neuroimaging in children with nonaccidental trauma. *Dev Neurosci* 2010;32:343-360
 47. Choudhary AK, Servaes S, Slovis TL, Palusci VJ, Hedlund GL, Narang SK, et al. Consensus statement on abusive head trauma in infants and young children. *Pediatr Radiol* 2018;48:1048-1065
 48. Palifka LA, Frasier LD, Metzger RR, Hedlund GL. Parenchymal brain laceration as a predictor of abusive head trauma. *AJNR Am J Neuroradiol* 2016;37:163-168
 49. Kemp A, Cowley L, Maguire S. Spinal injuries in abusive head trauma: patterns and recommendations. *Pediatr Radiol* 2014;44 Suppl 4:S604-612
 50. Rabbitt AL, Kelly TG, Yan K, Zhang J, Bretl DA, Quijano CV. Characteristics associated with spine injury on magnetic resonance imaging in children evaluated for abusive head trauma. *Pediatr Radiol* 2020;50:83-97
 51. Choudhary AK, Ishak R, Zacharia TT, Dias MS. Imaging of spinal injury in abusive head trauma: a retrospective study. *Pediatr Radiol* 2014;44:1130-1140
 52. Trokel M, Discala C, Terrin NC, Sege RD. Patient and injury characteristics in abusive abdominal injuries. *Pediatr Emerg Care* 2006;22:700-704

신체적 학대를 받은 아동의 진단적 영상

전태연*·유소영·어 흥·김지혜

신체적 학대로 인한 손상은 소아에서 이환율과 사망률의 중요한 원인이 된다. 특히, 1세 이하의 영아가 신체적 학대의 위험이 높다. 신체적 학대가 의심되는 경우 영상의학과 의사의 역할은 매우 중요한데 학대가 의심되는 영상의학적 소견을 찾고 다른 질환과의 감별을 통해 신속하고 정확한 진단을 내려야 한다. 본 논문에서는 신체적 학대를 받은 아동에서 흔히 보일 수 있는 특징적인 손상인 골절, 머리 손상, 척추 손상, 흉부와 복부의 손상 등의 여러 영상의학적 소견을 설명하고 이러한 손상이 유발되는 생체 역학적 힘의 기전에 대해 알아보고자 한다.

성균관대학교 삼성서울병원 영상의학과