

컴퓨터단층촬영에서 3차원 재구성 영상을 통한 개의 골절 진단

이기창 · 권정국 · 송경진 · 최민철¹

서울대학교 수의과대학

Three Dimensional Computed Tomography in the Assessment of Subtle Fracture in Dogs

Ki-Chang Lee, Jeong-Kuk Kweon, Kyoung-Jin Song and Min-Cheol Choi¹

College of Veterinary Medicine, Seoul National University

Abstract : Three dimensional computed tomographic images were obtained in two cases with trauma. The first case of a 3 year-old male Maltese, with ataxia and head tilting due to head trauma was referred to veterinary medical teaching hospital, Seoul National University. Remarkable findings were not found on survey radiographs. With the help of three-dimensional reconstruction computed tomographic imaging, parietal and occipital bone fracture was identified. The second case of 4 month-old female Yorkshire terrier with left forelimb lameness was referred right after trauma. Survey radiography showed obvious incongruity of the elbow joint. Lateral and medial condyle of the left humerus fracture and lateral displacement of the left ulna were apparent in three-dimensional computed tomographic image. It was considered that three-dimensional computed tomography could be used as an aid modality for the exact evaluation of extends and degree of fracture as well as planning of orthopedic surgery.

Key words : Three-dimensional computed tomography, dog, fracture

서 론

일반적인 골절의 경우 단순 방사선학적인 평가만으로 정확한 진단 및 수술적 접근이 이루어질 수 있다. 사지의 경우 반드시 90°의 두 방향 사진이 필요하며 관절이 포함된 경우 보다 정확한 진단을 위해서 수평 빔을 이용한 전후측상, 스트레스 촬영 및 사위상등의 추가 촬영이 필요하다^{2,17}. 특히 fragmented medial coronoid process의 진단에 있어 사위상등의 추가 촬영이 실시되더라도 복잡하고 미묘한 주관절의 해부학적 구조 때문에 방사선촬영만으로 정확한 평가가 어려우나 훨씬 민감도가 뛰어난 컴퓨터단층촬영을 통하여 진단을 하는 것이 일반적인 추세이다^{7,12}. 사람에서는 이미 1980년대 부터 두부, 발목관절, 척추, 대퇴골등의 골절에 있어 3차원 컴퓨터단층촬영술이 정확한 진단 및 가장 효과적인 수술적 방법을 제시하는 진단방법으로 널리 쓰여져 오고 있다^{9, 11,16}. 수의에서는 주관절의 평가에 있어 컴퓨터 단층촬영술이 척골의 내측갈고리 돌기(medial coronoid process), 주돌기(anconeal process), 활차절흔(trochlear notch), 상완골과(humeral condyle) 및 관절 교합(joint congruity) 그리고 골관절증의 평가에 세부적인 정보를 제공하여 주관절 이형성의 진단에 유용하다 보고하였는데¹³ 아직 골절의 3차원 컴퓨터 단층촬영술을 이용한 진단은 거의 없는 실정이다. 따라서 본 증례에서는 단순방사선학적만으로 진단이 어려운 두부 및

주관절의 골절에 대한 컴퓨터 단층촬영술 및 3차원 재구성을 통한 정확한 진단 2례를 보고하고자 한다.

증 례 1

체중 5 kg의 5년령 암컷 Maltese견이 외상 후 7일간 운동실조와 우측사경을 호소하여 서울대학교 수의과대학 동물병원에 내원하였다. 신체검사상에서 체온은 39.0°C, 호흡수는 30회/분, 맥박은 120회/분으로 나타났으며 심음은 정상이었다. 정확한 진단을 위해 방사선학적검사 및 컴퓨터단층촬영 검사 그리고 혈액검사 등을 실시하였다. 컴퓨터단층촬영은 acepromazine으로 전마취한 후 isoflurane으로 호흡마취하여 나선식 컴퓨터단층촬영기인 HI speed CT/e (General Electric company, USA)를 이용하여 단층촬영을 실시하였다. 흉와위에서 절편두께 2 mm, 120 kV, 100 mA, 1.5초의 scan time 조건으로 스캔하였다. 후두골에서 앞니골까지 촬영하였으며 수용성 요오드 조영제를 이용한 조영증강촬영도 실시하였다. 스캔 후 저장된 이미지를 3차원으로 재구성하여 병변부를 입체적으로 확인하였다.

결 과

혈액화학검사에서 백혈구수치 및 호중구 수치의 증가외에 특이소견은 확인되지 않았다. 두부에 대한 단순 방사선학적 검사에서도 뚜렷한 이상 소견은 관찰되지 않았다. 고포 수준에서 실시한 단면에서 동쪽 두정골의 연결성이 소실되었음

¹Corresponding author.
E-mail : mcchoi@snu.ac.kr

을 확인하였다(Fig 1A). 조영제 주입 직 후 실시한 단층촬영 검사에서는 조영제의 증강효과는 확인되지 않았다. 3차원으로 재구성한 영상에서는 두정골 우측에서부터 후두골까지 약 2.5 cm의 골절선이 확인되었다(Fig 1B). 이상의 결과를 토대로 외상에 의한 두정골 골절로 진단하였으며 내과적으로 처치하였다.

증 례 2

체중 1.5 kg의 4개월령 암컷 Yorkshire terrier 견이 1 m 정도의 높이에서 낙상한 후 1일간 좌측 전지의 파행과 통증을 호소하였다. 신체검사에서 체온은 39.0°C, 맥박은 180회/

분, 호흡촉박으로 인해 측정이 곤란하였으며 이상심음은 청취되지 않았다. 신체검사의 소견으로는 좌측 전지는 체중감 내를 못하였으며 주관절부위에서 염발음이 확인 되었다. 주관절의 정확한 진단을 위해 방사선학적 검사 및 컴퓨터단층 촬영술을 실시하였다. 증례 1에서와 동일한 컴퓨터 단층촬영기를 이용하여 흉와위에서 전지를 신전시킨 후 절편두께 3 mm, 120 kV, 100 mA, 1.5초의 scan time의 조건으로 실시하였다. 스캔범위는 견갑골에서 요골 및 척골까지로 조정하였다. 스캔이 완료된 후 저장된 이미지를 3차원으로 재구성하여 관찰하였다.

결 과

단순방사선학적 검사에서 좌측 주관절의 외측상에서 상완골 도르래와 척골 요골 간격이 증가되어 관찰되는 관절부조합이 확인되었으며, 외측상완골도르래의 변위가 관찰되었으나 전후측상에서는 외측 상완골도르래의 변위는 확인되지 않았다. 또한 양측 상완골 도르래 사이에서 방사선투과성의 골절선이 의심되었다(Fig 2). 보다 정확한 주관절 병변의 확인을 위해 컴퓨터단층촬영을 실시하였다. 상완골 도르래 수준에서 실시한 단면에서 외측 상완골 도르래의 골절선이 확인되며 방사선검사에서 확인되지 않았던 내측 상완골 도르래의 부분적인 골절선이 확인되었다(Fig 3A). 3차원으로 재구성한 영상에서는 좌측 상완골의 외측 도르래의 골절에 의한 외측 변위와 이로 인한 관절부조합에 따른 척골의 외측 변위까지 확인되었다(Fig 3B). 이상의 결과를 토대로 낙상에 의한 좌측상완골 도르래의 골절과 관절부조합으로 진단 하였다.

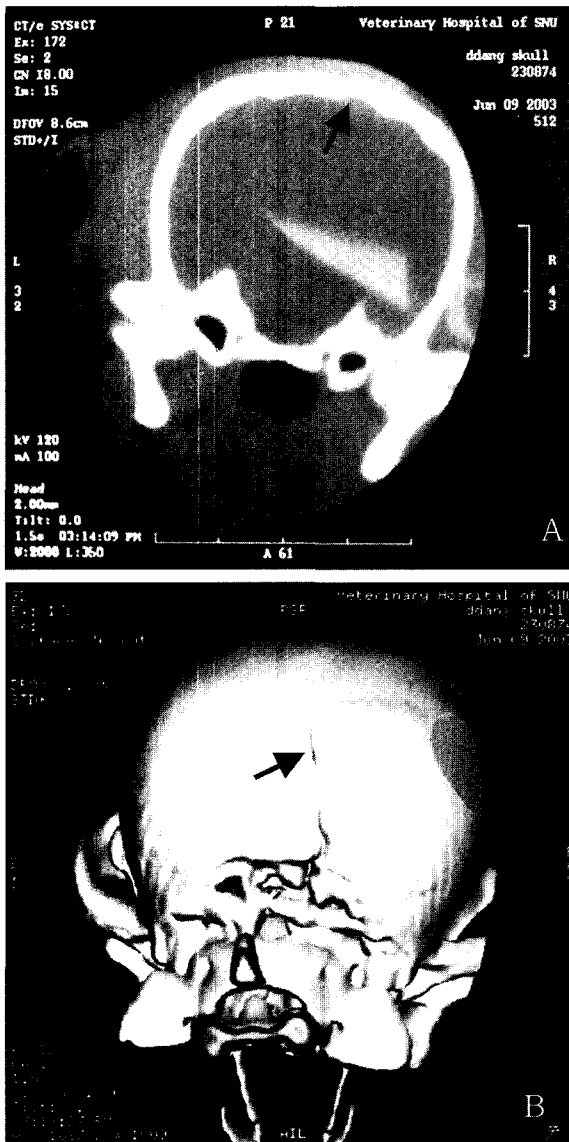


Fig 1. Computed tomographic image of skull fracture in a dog. A. Transverse CT image shows a fracture line in parietal bone region (arrow) B. Three-dimensional reconstructed image clearly reveals a fracture line along with sagittal crest of skull.



Fig 2. Survey radiograph of humeral fracture in a dog. Displacement of lateral humeral condyle and radiolucent fracture lines are not apparent (arrow). "Stair-step" lesion between the ulna and the radial head is observed on the lateral view (blank arrow).



Fig 3. Computed tomographic image of humeral condyle fracture in a dog. A. Transverse CT image shows a fracture line in lateral (black arrow) and medial humeral condyle (white arrow). B. Three-dimensional reconstructed image clearly reveals a fracture and displacement of lateral humeral condyle (white arrow).

고 찰

두부와 관절과 같은 여러 개의 뼈로 이루어진 부분은 일반방사선검사에서는 골절 및 퇴행성 신생골조직의 평가가 정확히 이루어질 수 없는 경우가 빈번하다. 컴퓨터단층 촬영을 통한 단면을 확인하여 정확한 평가가 이루어질 수 있으며 단면을 3차원으로 재구성한 영상은 복합골절의 양상과 변위 및 회전, 골표면의 퇴행성 신생골조직등을 입체적으로 영상화하므로 보다 쉽게 확인할 수 있다. 또한 인의에서는 고관절이 형성의 평가와 대퇴골두괴사증의 진단에도 3차원컴퓨터단층영상의 진단에 사용하고 있다^{1,5}.

3차원 영상의 획득은 우선 컴퓨터 단층스캔을 통한 이미지 획득 그리고 이로부터 얻은 데이터를 이용한 이미지 처리와

마지막으로 이미지 영상화로 나누어 볼 수 있는데^{3,6,18} 적절한 스캔 요소(mA, kVp, matrix, 그리고 field of view)를 적용하여 관심영역이 포함되도록 촬영한다. 이와 같은 3차원 재구성 컴퓨터 단층촬영술의 임상적 적용에 대해 다수의 저자들이 그 유용성을 보고하였다^{4,5,9,11,14,16}. 3차원 재구성을 통해 얻어진 영상들은 통합적인 영상으로 해부학적으로나 병리학적으로 2차원 CT보다 더 뛰어난 것을 의미하는 것은 아니지만 특히 수술계획을 수립하는데 커다란 유용성이 있다. 특히 Tessier와 Hemmy¹⁶는 3차원 영상이 임상적으로 생체의 해부학적 묘사에 매우 유용하게 쓰일 수 있다고 하였으며, Magid 등⁹은 발목골절 환자에서 3D CT가 진단적인 면이나 수술계획 수립에 매우 효과적이라고 하였다. 또한 Pate 등¹¹은 202명의 근골격계 질환 환자 가운데 3차원 CT가 특히 복잡한 해부학적 구조를 가진 부위의 골절, 고관절의 관절질환, 그리고 척수강 협착을 진단하는데 그 유용성이 뛰어나다고 보고하였다. 그리고 이차원적인 단면에서 이해하기 어려운 해부학적인 구조와 병변을 3차원으로 영상화함으로써 술자 및 보호자와 같은 비방사선공학자들도 쉽고 명확하게 병변을 이해할 수 있으며 수의에서는 아직 보편화되고 있지 못하지만 인공보철물의 장착에 앞서 정량적 평가를 통해 오차를 줄일 수 있는 장점이 있다¹⁹.

본 증례 1에서는 외상으로 의한 두부의 골절이 일반 방사선검사에서는 전혀 확인이 되지 않았으며 컴퓨터단층촬영에서 window width 400, window level 30의 head mode로 관찰시 두정골의 연결성의 불규칙함이 확인되어 후두골 및 두정골을 보다 더 정확하게 확인하고자 window width 2000, window level 350의 spine mode로 관찰하여 두정골의 뚜렷한 연결성 소실을 확인하였다. 하지만 2차원 단면상에서는 골절선의 위치와 범위를 쉽게 인지하기 어려우며 특히 촬영단면과 평행한 수평 골절의 경우에는 일반방사선검사뿐만 아니라 컴퓨터단층촬영에서도 확인되지 않을 수 있다, 그러나 3차원 영상의 경우에는 어떠한 양상의 골절도 영상화가 가능하며 특히 골 표면의 green stick fracture의 진단에 유용하다¹⁰. 특히 증례 1의 경우 창상에 의한 뇌출혈이 의심되었으나 컴퓨터단층촬영상에서 뇌출혈의 경우 일반적으로 72시간 내에 검사 시 진단률이 높기 때문에 7일 경과 후 증례 1의 경우에는 뇌출혈 소견은 확인하기 어려웠다.

본 증례 2에서는 낙상에 의한 좌측 상완골의 외측 도르래의 골절이 일반방사선검사의 외측상에서는 명확히 확인되지 않았고, 내측 도르래의 골절과 전후측상에서 외측도르래의 변위 역시 분명하게 확인되지 않아 정확한 골절양상과 변위의 평가가 어려웠다. 특히 증례 2의 경우와 같이 환자 나이가 어리고 작은 개체에서 성장판과 골절선의 감별이 어려울 수 있다. 컴퓨터단층촬영을 실시한 결과 외측 상완골 도르래의 골절선이 뚜렷하게 확인되었으며, 일반 방사선검사에서는 전혀 관찰되지 않았던 내측 상완골 도르래의 부분적인 골절선도 확인할 수 있었다. 그러나 2차원적인 단면상에서는 변위 및 회전정도를 평가하기에 어려움이 있으므로 3차원으로 재구성하였고, 3차원영상에서는 외측 상완골 도르래의 골절

에 의한 외측변위와 이로 인한 척골의 외측변위가 확인되었다.

결 론

낙상 및 외상으로 인한 개에서 두부와 주관절의 정확한 병변은 일반방사선검사에서 확인되지 않았지만, 컴퓨터단층촬영 및 3차원재구성영상을 통해 진단의 정확성을 높일 수 있었으며 특히 3차원 재구성 영상은 골표면의 골절선 영상화와 단면에 평행한 골절의 진단에 유용하다. 또한 수술적 교정에 앞서 거리, 각도, 부피 등을 정량적으로 평가하여 술자의 수술계획에 있어 입체적인 영상을 제공하여 술 전 계획 수립에 도움이 될 수 있어 골절의 진단과 평가에 유용하다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. Abel MF, Sutherland DH, Wegner DR, Mubarak SJ. J pediatric orthopedics 1994; 14: 48-53.
2. Beck K. Caudocranial horizontal beam radiographic projection for evaluation of femoral fracture and osteotomy repair in dogs and cats. J Am Vet Med Assoc 1991; 198: 1751.
3. Chen LS, Herman GT, Meyer CR, Reynolds RA, Udupa JK. 3D83-an easy to use software package for 3 dimensional display from computed tomograms. Proc SPIE 1984; 515: 309.
4. Hemmy DC, David DJ. The skeletal morphology of anterior encephaloceles defined through the use of three dimensional reconstruction of computed tomography. Pediatr Neurosci 1985; 12: 8.
5. Hemmy DC, Tessier PL. CT of dry skulls with craniofacial deformities: accuracy of three-dimensional reconstruction. Radiology 1985; 157: 113.
6. Herman GT, Liu HK. Three-dimensional display of human organs from computed tomograms. Comput Graphics Image Processing 1979; 9: 1.
7. Hornof WJ, Wind AP, Wallack ST, Schulz KS. Canine elbow dysplasia. The early radiographic detection of fragmentation of the coronoid process. Vet Clin North Am Small Anim Pract 2000; 30: 257-266.
8. LA, Murphy WA, Knapp RH. Musculoskeletal application of three-dimensional surface reconstruction. Orthopedic clinics of north America 1985; 16: 542-555.
9. Magid D, Michelson JD, Ney DR, Fishman EK. Adult Ankle Fractures: Comparison of Plain Films and Interactive Two- and Three-Dimensional CT Scans. AJR 1990; 154: 1017-1023.
10. Mayer JS, Wainwright DJ, Yeakley JW, Lee KF, Harris JH, Kulkarni M. The role of three-dimensional computed tomography in the management of maxillofacial trauma. J trauma 1988; 28: 1043-1053.
11. Pate D, Resnick D, Andre M, Sartoris DJ, Kursunoglu S, Bielecki D, Dev P, Vassiliadis A. Perspective Three-Dimensional Imaging of the Musculoskeletal System. AJR. 1986 Sep; 147(3): 545-551.
12. Reichle JK, Park RD, Bahr AM. Computed tomographic findings of dogs with cubital joint lameness. Vet Radiol Ultrasound 2000; 41: 125-130.
13. Reichel JK, Snaps F. The elbow. Clin Tech Small Anim Pract. 1999 Aug; 14(3): 177-186.
14. Sartoris DJ. 3-D display of CT data : new aid to preop surgical planning. Diagnostic Imaging. 1986: 74.
15. Satoris DJ, Resnick D, Gershuni D, Bielecki D, Mervin M. Computed tomography with multiplanar reformation and 3-dimensional image analysis in the preoperative evaluation of ischemic necrosis of the femoral head. J rheumatology 1986; 13: 153-163.
16. Tessier P, Hemmy David. Three dimensional Imaging in Medicine. Scand J Plast Reconstr Surg 1986; 20: 3-11.
17. Toal RL, Mitchell SK. Fracture Healing and Complication. In: Thrall DE. Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology. 4th ed. W.B. Saunders company. 2002: 161-178.
18. Udupa JK. Display of 3D information in discrete 3D scenes produced by computerized tomography. Proc IEEE 1983; 71: 420.
19. Vannier MW, Totty WG, Stevens WG, Weeks PM, Dye DM, Daum WJ, Gilula. Orthopedic clinics of north America 1985; 16: 543-555.