흉부 CT 검사에서 3차원 체적 영상의 정량적 분석

장현철*, 조재환**, 박철수***

순천향대학교 부천병원 영상의학과*, 경산1대학 방사선과**, 한림성심대학 방사선과***

Quantitative analysis of three dimensional volumetric images in Chest CT

Hyuncheol Jang*, Jaehwan Cho**, Cheolsoo Park***

Department of Radiology, Soonchunhyang University Hospital,
Department of Radiological Science, Gyeonesan University College**,
Department of Radiological Science, Hanlym College****

요약

본 연구는 흉부 CT 검사 시 늑골 골절 환자를 대상으로 3차원 체적 재구성 기법의 유용성에 대해 알아보고자 하였다. 임상에서 주로 이용 하는 재구성기법인 다평면재구성(MPR), 3차원 체적 영상 기법(VRT)을 적용하여 영상데이터를 각각 정량적 방법과 정성적 방법으로 비교 분석하였다. 재구성 영상의 분석 및 평가결과 늑골 골절 환자의 흉부 CT 검사 시 조영 전 원 자료를 이용하여 3차원 체적영상으로 재구성 하는 것이 보다 더 인공 음영을 최소화 시켰으며, 늑골 골절 판단 및 3차원 체적 영상 재구성 소요시간이 단축 됨을 알 수 있었다.

중심단어: 늑골 골절, 3차원 체적 영상 기법, 다평면재구성

Abstract

We wanted to evaluate the usefulness of three-dimensional reconstructive images using computed tomography for rib fracture patients. The reconstruction used in clinical multi planar reformation(MPR), volume rendering technique(VRT), and image data using quantitative methods and qualitative methods were compared. Much more, the artifact shadow was minimized to reconstruct with 3D volumetric image by using an law data in the analysis of the reconstructive image and chest CT scan of the evaluation result fractures of the thoracic patient. And we could know that the fractures of the thoracic determination and three dimension volume image reconstruction time were reduced.

Key words : Thoracic fracture, VRT, MPR

I. 서론

흉부 외상으로 내원한 환자에 대하여 방사선학적

응급 진단 방법으로 단순촬영이나 CT(Computed

Tomography, 이하 CT)촬영 등이 많이 이용되고 있다^[1]. 최근에 다절편 CT(Multidetector CT, 이하 MDCT)

를 이용하면 좀 더 정확한 진단에 도움을 주는 다양한 검사가 가능하다. 기존의 나선식 CT(spiral CT)에 비해 한번의 호흡 정지 동안 더 넓은 범위를 얇은 절편으로, 더 짧은 시간에 영상을 얻을 수 있어 공간 분해능(spatial resolution)과 시간분해능(temporal resolution)이 향상 되었으며, 이에 따른 원 데이터(Raw Data)를 이용하여 3차원 체적영상(Volume Rendering Technique, 이하 VRT)을 전신질환에 보편적으로 사용 되고 있다. 이는 응급 흉부 외상 환자에 있어서 축면(axial)영상과 다평면재구성영상(multi-planar reformation, 이하 MPR)에서 얻을 수 있는 정보 이외에 특히 3차원적 체적영상은 병변 부위를 보다 입체적으로 관찰할 수 있어 병변을 이해하는데 도움을 준다. 늑골 골절(rib fracture)은 흉부 외상환자의 약 40%에서 비교적 흔하게 동반되고^[2], 기흉과 혈흉 및 폐실질의 손상 등의 합병증을 일으킬 수 있을 뿐만 아니라, 다발성 골절 환자의 경우에는 동요 가슴(flail chest)의 원인이 되어 호흡기능 저하를 일으킬 수 있다^[3]. 또한, 합병증이 없는 골절의 경우에도 만성 흉통의 원인이 될 수 있으므로 정확한 진단이 중요하다.

늑골 골절의 진단에 사용되는 단순 촬영은 진단율이 10 % 내외로 낮은 것으로 알려져 있으며, 응급실을 통한 협조가 어려운 환자에서 늑골을 검사 하기는 쉽지가 않다^[4-5].

이에 본 연구에서는, 특히 야간에 응급상황에서 빠른 진단과 처치가 가능하게 할 수 있도록 흉부 외상으로 인한 늑골 골절 환자의 경우 3차원 체적 영상^[6]을 진단에 정보를 제공하기 위해 흉부 CT 검사 시 조영 전, 후의 알고리즘을 가지고 3차원 재구성 영상의 비교 분석에 대해서 알아보고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 연구 대상

2010년 10월부터 2010년 12월까지 본원 응급실로 내원한 흉부외상 환자 25명을 대상으로 하였다. 이 중 남자는 14명, 여자는 11명이었고, 연령분포는 16세에서 88세로 평균연령은 46.6세 였다. <표1>

<표1> 연령 분포

연령	빈도(명)	퍼센트(%)
20대	3	12
30대	3	12
40대	11	44
50대	5	20
60대	2	8
70대	1	4
합계	25	100

2. 데이터 획득

Somatom Sensation 16(Siemens, Enlarge, Germany)인 전산화 단층촬영 장비를 이용하여 흉부 외상으로 응급실을 내원한 환자의 영상 데이터를 이용하였으며, 흉부외상으로 늑골 골절이 예상 되는 경우 첫 번째 늑골을 비롯하여 모든 늑골이 포함되도록 scan 범위를 정하였다. 관전압 120kVp, Reference mAs는 100mAs, 0.75sec의 회전시간(Rotation time)에 절편 조준(slice collimation)은 16 × 0.75mm, 절편 두께(slice thickness)는 1mm의 조건하에서 조영 전, 후의 영상을 얻었다.<표 2>

<표2> 조영 전, 후의 검사 조건

변수	조영 전	조영 후
콜리메이션	16 × 0.75mm	16 × 0.75mm
절편 두께	1.00 mm	1.00 mm
관전압 / 관전류	120 / 100	120 / 100
조영제 주입 양과 속도	조영제 사용 무	조영제 - 3.0cc/sec 120cc 식염수 - 2.0cc/sec 30cc

3. 데이터 후처리

획득된 slice images를 이용하여 전산화 단층 촬영 시행 후 임상에서 가장 많이 이용하고 있는 영상 재구성 방법 중 다평면 재구성(Multi-Planar Reformation, 이하 MPR)기법을 이용하였다. 다평면 재구성(MPR)기법을

적용하여 재구성하는 간격(interval) 3 mm, 절편두께(thickness) 3 mm로 조영 전, 후 축상(axial) 영상을 재구성 하였다.(그림1)

(그림 1) 조영 전, 후 축상면 영상

CT 촬영후 획득된 slice images로 3차원 재구성 영상을 위하여 조영전 축상 영상 1.0mm 슬라이스 1.0mm 간격으로 영상을 재구성 하였으며, 조영후 축상 영상 1.0mm 슬라이스 1.0mm 간격으로 영상을 재구성 하였다. 재구성된 조영 전 축상 영상과 조영 후 축상 영상을 Advatage workstation(Vesion 4.4 GE, USA)을 이용하여 3차원 영상으로 재구성 하였다.

4. 영상 평가

영상평가는 재구성 데이터의 특성에 따라 정량적 평가와 정성적 평가로 하였다. 정량적 분석 방법으로 CT 값(number)을 측정하여 잡음(noise) 정도를 분석하였다. 흉부외상으로 인한 CT 검사시 늑골골절 환자 대 상에서 다평면 재구성(MPR)기법을 적용하여 간격(interval) 3 mm, 절편두께(thickness) 3 mm로 재구성된 조영 전, 후 축상(axial) 영상을 이용하여 좌, 우측 늑골의 전체가 보이는 한 slice의 영상에서 늑골의 중앙 부위에 관심영역(ROI) 20mm로 설정 후 CT값을 측정하여 평균값과 표준편차를 분석하였다.(그림2)

(그림 2) 관심 영역의 위치
A : 우측 늑골 중앙 부위
B : 좌측 늑골 중앙 부위

잡음(noise) 측정은 비교를 위하여 조영 전, 후의 CT 값을 측정하였으며, 두 그룹에서 획득한 관심영역의 CT값의 평균값은 독립표본검정(t-test, SPSS win 16.0)을 이용하였고, P값이 0.05 이하일 때 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 간주 하였다. 정성적 분석 방법으로는 조영 전,후의 축상 영상 1.0mm 슬라이스 1.0mm 간격으로 영상을 3차원 체적영상(VRT)으로 재구성하여 영상의 질을 비교 평가하였다.

평가시 thoracic setting하에 동일한 투과도 및 불투과도의 조절과 동일한 색을 주어 영상을 재구성 처리후 같은 조건의 판독실 환경에서 영상을 평가하였다.(그

림3)(그림4)

(그림 3) 조영 전 3차원 체적 영상

(그림 5) 불투명도 조절 창

(그림 4) 조영 후 3차원 체적 영상

늑골의 평가가 가능하도록 견갑골(scapular)을 제거하였으며, 불투명도(opacity)을 조절하여(그림5) 3차원 VRT 영상을 15도 간격으로 360도를 회전하여 24장의 영상으로 재구성 하였다.

영상의학과 흉부전문 판독의 2명과 경력 10년 이상의 방사선사 2명이 조영 전, 후의 3차원 재구성 영상의 질을 평가하였으며, 4점 척도로 아주 좋음(Excellent)4점, 좋음(Good)3점, 보통(Fair)2점, 나쁨(Poor)1점으로 평가 하였다. 조영 전, 후의 3차원 영상의 질의 평가는 독립 표본검정(t-test, SPSS win 16.0)을 이용하였고, P값이 0.05 이하일 때 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 간주 하였다.

Ⅲ. 결과

연구대상에서 연령분포의 결과 남자 50 ± 6 세, 여자 43 ± 5 세, 평균연령 46.6 ± 6 세였다.

정량적 분석으로 잡음(noise)을 측정하였으며, 잡음(noise)은 슬라이스 두께의 1/2층에 반비례^[7] 함으로 동일한 3 mm 두께로 재구성된 조영 전, 후 축상(axial) 영상에서 동일한 관심영역(ROI) 20mm의 크기로 설정 후 CT 값을 측정하여 잡음(noise)을 분석한 결과 조영 전 영상의 우측 늑골(제1구역) 405.75 ± 5.01 HU, 좌측 늑골(제2구역) 454.71 ± 11.19 HU, 조영 후 영상의 우측 늑골(제1구역) 413.01 ± 8.98 HU, 좌측 늑골(제2구역) 486.05 ± 11.76 HU로 측정되었으며, 통계학적 결과 $p=0.001$ 에서 통계적으로 유의하였다. ($p < 0.05$) <표 3>

<표 3> 조영 전, 후 CT값 분석

(단위: HU)

	조영 전	조영 후	유의확률
제 1구역 (우측 늑골)	405.75±5.01	413.01±8.98	0.001
제 2구역 (좌측 늑골)	454.71±11.19	486.05±11.76	0.001

즉 다평면 재구성 영상으로 평가한 결과 CT 값이 조영 전 보다 조영 후가 보다 높게 측정되었음을 알 수 있었고, 조영 후 늑골 부위에 영상을 끼치는 잡음(noise) 정도가 높게 측정되었음을 의미한다.

정성적 분석결과로 조영 전 3차원 체적영상을 분석한 결과 4점 척도 기준에 평균 3.64로 평균 순위 4점이 가장 많았으며, 조영 후 3차원 체적영상을 분석한 결과 평균 1.84로 평균 순위 2점이 가장 많았다고 평가되었다. 통계학적 결과 $p=0.002$ 에서 통계적으로 유의하였다. ($p<0.05$) <표 4>

<표 4> 조영 전, 후 3차원 체적영상 정성적 평가

	조영 전	조영 후	유의확률
점수	3.64±0.48	1.84±0.37	0.002

즉 조영전 3차원 체적 영상이 조영후 3차원 체적 영상보다 훨씬 더 질적으로 우수하게 평가 되었으며, 3차원 체적영상에도 알 수 있듯이 조영전 3차원 체적영상에서 흉부 외상으로 인한 늑골 골절 평가하기가 더 용이 하였다.

IV. 고찰 및 결론

MDCT를 사용하면서 흉부 CT 처방이 점차 3D 처방으로 대체해 가고 있는 현실에서 흉부 CT 3D처방은 기존의 축상면 영상에 관상면과 시상면 영상을 추가해 주는데 그치지 않고 3D VRT 영상까지 제공을 해 주고 있다. 흉부 외상으로 인한 환자의 상태는 호흡조절이 어렵고 여러 가지 모니터 장치를 부착하고 있어 어려움이 많은데, CT는 이러한 어려움을 극복할 수 있는데 영상 획득 시간이 매우 짧아 병변의 위치 및 자세에 대한 제한이 적고, 진단에도 매우 유용하며 이와

더불어 3차원 재구성 영상 등으로 입체적인 병변의 진단이 가능해 졌다^[8-9].

또한, 보다 넓은 범위를 얇은 절편으로 단시간에 촬영할 수 있는 장점이 있으며, 동적 인공물이 적은 고 해상도의 영상과 양질의 다평면 재구성 영상 및 3차원 재구성 영상을 적용 함으로써 외상 환자의 빠른 치료와 낮은 사망률을 보이게 되었다.^[10] 응급외상 환자에 있어 빠른 진단과 정확한 판단은 무엇보다 중요한데 Alkadhi 등^[11] 은 늑골 골절 환자를 CT 축상 영상과 재구성 영상을 연구한 결과 3차원 재구성 영상과 축상 영상의 정확도에는 큰 차이가 없었으나, 시간적 효율 면에서 3차원 재구성 영상이 축상 영상보다 뛰어나 영상의학과 의사에게 진단의 시간이 단축되었고, 환자의 상태를 설명할 때 보다 효과적이라 하였다.

본 연구에서 몇가지 취약점이 발견 되었는데 환자 검사 시 호흡 정지가 제대로 이루어지지 못해서 운동성 인공 산물(motion artifact)이 발생하여 거칠 골절의 형태가 보일 수 있었으며, 재구성시 건갑골 등이 골절을 가릴 수 있으므로 주의가 필요 하였다. 본 연구는 본원에서 사용하고 있는 통상적인 프로토콜에 조영전, 후의 알고리즘을 이용하여, 빠른 시간 안에 3차원 체적 영상을 전송 할 수 있도록 정형화된 프로토콜을 설정하여 환자 및 의사에게 보다 많은 정보를 신속하게 제공한다는 의미와 임상에 바로 적용 시킬 수 있다는 점에서 의의가 있다고 본다. 늑골 환자의 기본적인 방사선 검사로 단순촬영이 이용되고 있지만, 늑골의 골절과 폐, 기도 및 횡격막 등의 손상 유무를 정확히 진단하기에는 제한점이 있다.(그림6)

(그림 6) 늑골 환자의 기본 방사선 사진

늑골 골절이 동반되는 흉부외상 환자에서는 3차원 체적 영상을 통하여 응급의학과 의사에게 보다 빠른 진단과 처치가 가능하게 되었다. 연구 결과에서도 알

수 있듯이 조영 전 흉부 CT 만으로 늑골 골절을 진단하는데 크게 지장이 없는 것으로 나타났다. 늑골 골절 진단만을 위한 검사에서는 조영전 검사 만으로도 보다 우수한 3차원 체적 영상을 얻을 수 있으며, 피폭을 줄일 수 있는 장점이 있다.

결론적으로 응급실에서 협조가 어려운 환자에서 늑골을 검사하는 것은 쉽지가 않다. 그러나, 측상면 영상과 다평면 재구성 영상만으로 늑골 골절을 진단하는데 어렵기 때문에 MDCT로 얻은 3차원 체적 영상을 이용하면 보다 정확한 늑골 골절을 진단할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] Lomoschitz FM, Eisenhuber E, Linnau KF, Peloschek P, Schoder M, Bankier AA. "Imaging of chest trauma : radiological patterns of injury and diagnostic algorithms," Eur J Radiol, Vol. 48. No. 1, pp. 61-70, 2003.
- [2] Rivas LA, Fishman JE, Munera F, Bajayo DE, "Multislice CT in thoracic trauma," Radiol Clin North Am, Vol. 41, No. 3, pp. 599-616, 2003.
- [3] Roos JE, Hilfiker P, Platz A, Desbiolles L, Boehm T, Marincek B, et al, "MDCT in emergency radiology: a standardized chest or abdominal protocol sufficient for evaluation of thoracic and lumbar spinetrauma," AJR Am J Reontgenol, Vol. 183, No. 4, pp. 959-968, 2004.
- [4] Thoongsuwan N, Kanne JP, Stern EJ, "Spectrum of blunt chest injuries," J Thorac Imaging, Vol. 20, No. 2, pp. 89-97, 2005.
- [5] Shorr RM, Crittenden M, Indeck M, et al, "Blunt thoracic trauma, Analysis of 515 patients," Ann Surg, Vol.206, No. 2, pp. 200-205, 1987.
- [6] Pretorius ES, Fishman EK, "Volume-rendered three-dimensional spiral CT, musculoskeletal applications," RadioGraphics, Vol. 18, No. 5, pp. 1143-1160, 1999.
- [7] 고인호, 권대철, 김경근, 외. TEXTBOOK of Computed Tomography, Chung-ku Publishing co. 2009; 2 : 537
- [8] Linsenmaier U, Krotz M, Hauser H, et al, "Whole-body computed tomography in polytrauma, techniques and management," Eur Radiol, Vol. 12, No. 7, pp. 1728-1740, 2002.
- [9] Van Hise ML, Primack SL, Israel RS, Muller NL, "CT in blunt chest trauma: indication and limitations," RadioGraphics, Vol. 18, No. 5, pp. 1071-1084, 1998.
- [10] Philipp MO, Kubin K, Mang T, et al, "Three-dimensional volume rendering of multidetector-row CT data, applicable for emergency radiology," Eur J Radiol, Vol. 48, No. 1, pp. 33-38, 2003.
- [11] Alkadhi H, Wildermuth S, Marincek B, et al, "Accuracy and time efficiency for the detection of thoracic cage fractures, volume rendering compared with transverse computed tomography images," J Comput Assist Tomogr, Vol. 28, No. 3, pp. 378-385, 2004.