

논문 2017-54-7-13

팔꿈치관절 CT검사에서 환자 자세 및 호흡에 따른 화질평가

(Quality Assessment for Elbow CT scan
by positioning and respiratory control)

임 중 천*, 박 상 현*, 이 인 재*

(Jong-Chun Lim[Ⓢ], Sang-Hyun Park, and In-Jae Lee)

요 약

팔꿈치관절 CT 검사 시에 골절 등으로 인해 부득이하게 팔을 거상하지 못할 때에 주로 선 감약이 많이 되는 복부 장기 및 요추에 중복된 상태로 검사하여 영상의 질이 저하되는 경우가 많다. 그로 인해, 판독에 많은 어려움이 있으며 선량 증가로 인해 환자의 피폭이 많아지고 있다. 본 실험에서는 복부 장기와의 중복을 피하고 상대적으로 선 감약이 적은 폐야와 중복되어 광자량을 증가시켜 영상의 질 향상을 도모하고자 하였다. 실험 방법은 환자의 오른쪽 팔꿈치관절을 대상으로 하여 환자를 바로 누운 자세에서 팔꿈치관절을 L2-3 level에 위치시킨 방법과 바로 누운 자세에서 왼쪽으로 30도 정도 돌려서 폐야와 중첩하고 완전한 흡기 상태에서 비교하여 진행하였다. 16, 128채널 각각 5회씩 측정하여 나온 데이터를 Image J 프로그램을 이용하여 평균값 및 표준편차를 구한 뒤 신호 대 잡음 비(SNR), 대조도 대 잡음 비(CNR), 평균대 표준편차 비(MSR)를 각각 측정하여 평가를 시행하였다. SPSS 프로그램을 이용하여 CNR, MSR을 통계 분석하였고 각각의 인자가 향상된 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 팔꿈치관절 CT 검사 시 환자의 자세와 흡기를 통하여 검사하는 방법은 피폭선량을 최소화하고, 영상의 질을 향상하는 방법으로서 의미가 있었다고 생각한다.

Abstract

Because the arm can't be sutured due to fracture during a elbow CT scan, a CT scan is proceeded in a state of abdomen and L-spine are overlapped which beam hardening artifact is done many times, and it often lowers the quality of elbow CT images. So there are many difficulties in reading and due to increase in radiation dose from it, the number of patient's exposure keeps increasing. In this research, it plans to improve the quality of the images by avoiding overlap with abdomen, and increasing the number of photon overlapped with lung field which the line attenuation is relatively small. The way of experiment is based on patient's right elbow and place him as head first position, then place his elbow at L2-3 level in supine position, turn about 30 degrees to the left in non-control breathing and in supine position, and compared with full inspiration after overlapping with lung. After figuring out the average value and standard deviation data using Image J program 5 times each for 16, 128 channels, the evaluation is proceeded by measuring each of CNR, MSR are statistically analyzed using SPSS program. Therefore, through positioning and inspiration during elbow CT scan, the way of inspection minimized the exposure radiation dose, and seems to be meaningful in a way to improve the quality of the images.

Keywords : 팔꿈치관절 CT, 컴퓨터단층촬영, 선속감약현상

I. 서 론

CT영상은 현재 이상적인 해상력과 대조도 그리고 움직임에 의한 인공물을 최소화시키기 위해 짧은 검사시

* 정희원, 한양대학교병원 영상의학과
(Hanyang University hospital)

Ⓢ Corresponding Author (E-mail : succlim@naver.com)

Received ; February 1, 2017 Revised ; May 24, 2017

Accepted ; June 13, 2017

간으로 가장 이상적인 검사 방법으로 임상에 이용되고 있다. 이러한 CT 영상의 임상적 유용성은 정형 외과적 질환에서도 유감없이 발휘되고 있다^[1].

CT 검사는 단순 방사선 검사보다 정밀한 골 구조를 관찰할 수 있으며 특히 관절 내 골절의 평가와 분쇄가 심한 골절에서 특히 유용하며 3차원 재구성 CT의 이용으로 유용성이 더욱 커지고 있다^[2].

그러나 이러한 컴퓨터단층촬영도 영상적인 측면에서

단점이 전혀 없는 것은 아니다. 현재 CT 등 X선을 이용하는 모든 영상에서는 다색방사선(Polychromatic beam)을 이용하고 있으며 다색방사선이 피사체를 통과할 때 피사체가 낮은 광자 에너지를 흡수하여 여과역할을 하여 결과적으로 투과된 선속의 평균 에너지는 증가하는 현상을 선속 경화현상이라고 정의한다^[3].

이러한 현상은 뼈, 금속, 요오드와 같이 원자번호가 높은 물질에서 주로 발생하게 되는데 흰색과 검은색 밴드(band) 형태의 줄이 발생하여 영상의 질을 저하한다^[4].

현재 외상이나 협조가 어려운 환자의 팔꿈치관절 CT 검사 시 임의로 환자의 자세 변경 시 이차적인 손상의 우려가 있으며 팔을 올리지 않은 바로 누운 자세로 검사가 진행되고 있다.

기존 연구에 의하면 소아 검사 시 팔을 올리고 시행한 검사보다 내리고 시행한 검사의 흡수선량은 4 배, 유효선량은 15 배 높게 측정 되었다^[11]. 이는 복부 내 방사선 민감 장기에 대한 피폭을 증가 시킬 뿐 아니라 화질의 저하를 유발 하는 요소가 된다.

이에 본 연구는 기존연구를 기초로 하여 팔을 올리지 못하는 환자의 조건을 가정하여 복부 영역에 위치한 팔꿈치관절의 화질 보다 폐야 내 위치한 팔꿈치관절의 선감약이 적어 화질이 개선 될 것이라는 가정을 설정하여 실험을 하였다. 팔꿈치관절 CT(Elbow CT) 검사 시 일반적으로 사용되는 바로 누운 자세에서 선속 경화현상을 최소화하기 위해 팔꿈치관절 CT 검사에서 환자 자세 및 호흡에 따른 화질을 평가하여 그 유용성을 알아보고자 한다.

II. 본 론

1. 팔꿈치관절의 해부학적 특징

팔꿈치관절(Elbow Joint)는 상완골(Humerus)의 먼 쪽(distal)과 척골(ulna), 요골(radius)로 이루어져 있다. 팔꿈치관절은 구부러지고 펴지는 운동 및 전완부(Forearm)의 회전 운동에 관여한다. 팔꿈치관절부의 골절은 어느 연령층에서나 발생하나, 성인의 팔꿈치관절 주위 골절은 과신전(Hyperextension) 이나 직접 외상에 의해 여러 형태의 과(condyle) 골절이 오며, 관절면의 골절이 동반되기도 한다. 특히 이러한 손상에서는 심한 변형과 팔꿈치관절의 운동범위 제한이 동반될 수 있다. 팔꿈치관절 주위 골절의 후유증으로는 관절의 운동제한, 지속적 동통, 불유합, 변형, 신경 증상, 감염 등이 있으며, 그 중 관절 운동 제한이 가장 흔한 후유증으로 알려져 있다.

팔꿈치관절 주위 골절치료에서 팔꿈치관절의 운동범위의 제한이 많이 와서 골절 치료는 잘되었으나, 기능적인 측면에서는 커다란 장애를 초래하는 경우가 많다^[5].

CT는 단순 방사선 검사보다 정밀한 골 구조를 관찰할 수 있으며 특히 관절 내 골절의 평가와 분쇄가 심한 골절에서 특히 유용하며 3차원 재구성 CT의 이용으로 유용성이 더 커지고 있다^[6].

그러나 팔꿈치관절(Elbow Joint) CT는 외상으로 인해 골절이 일어났을 시 환자가 팔을 거상하지 못하는 경우가 많다. 그러므로 임상에서는 검사자의 주관적인 판단으로 환자의 상태를 봐서 환자의 팔을 내리고 검사하는 경우가 많다.

2. 선속경화현상

CT영상은 CT Number로 표현된다. CT Number는 다음과 같은 식으로 구할 수 있다.

$$CT\ Number = K \times \frac{(\mu - \mu_w)}{\mu} \quad (1)$$

여기서 μ_w 는 물의 선감약계수이며, μ 는 해당물질의 감약 계수이고, K는 확대상수(1000)이다. 선감약계수가 높을수록 CT Number는 높아진다. 선감약계수는 1cm의 흡수체에 의해 감약 되는 비율을 얘기하며 이것은 흡수체의 원자번호, 밀도, 광자의 에너지에 의해 결정된다. CT Number가 높다는 것은 선감약계수가 높다는 것이고, 선감약계수가 높으면 광자가 물질을 통과할 때 감약이 많이 이루어지므로 광자 량이 부족하게 될 수 있다.

환자가 팔을 거상하지 못하면, 그로 인해 복부 장기에 팔꿈치관절이 중첩되는 현상이 발생하는데 복부 장기는 주로 지방조직, 간, 신장 등으로 구성되어 있다. 복부 장기의 CT Number를 살펴보면 지방(-100), 간(40), 신장(40) 으로 감약이 많은 장기가 밀집 되어 있다. 이런 높은 감약 때문에 선속 경화현상이 증가해 영상의 질이 떨어진다. 반면에 폐는 주로 공기로 구성된 장기이며 CT Number는 -700으로 앞선 복부 장기보다 감약이 적게 일어나는 특징을 가지고 있다.

CT를 포함한 X선을 사용하는 모든 장치에서는 선속을 각 광자에너지가 같은 단색 X선(monochromatic X-ray)으로 가정하여 계산을 한다.

그러나 실제 X선의 광자에너지는 다색 X선(polychromatic X-ray)의 특성을 가지므로 피사체를 통과하면 에너지가 낮은 광자는 쉽게 흡수되고 높은 에너지의 광자가 많아져 유효에너지가 높아진다. 즉, 피사체를 통과할 때 피사체가 낮은 광자 에너지를 흡수하여

여과(filtering) 역할을 하게 되어 결과적으로 투과된 선속의 평균 에너지의 증가의 원인이 되며 이러한 현상을 X 선속이 경화되어 발생한 현상이라고 정의하고 있다^{6,9)}.

선속 경화현상은 이러한 CT 영상이 추구하는 궁극적인 질의 측면에 어긋나는 현상으로 작용하여 영상을 왜곡시키는 인공물의 형태로 영상에서 나타난다. 인공물이란 검사목적과 관계없이 발생하는 통계적인 오차로 인해 정확한 CT 영상의 구성을 교란하거나 방해하여 영상의 질을 저하하고 미세 부분의 관찰능력을 감소시키는 장애 음영이라고 정의하고 있다⁷⁾.

임상에서는 CT 장비 사용자의 관점에서 이를 줄이기 위해서는 높은 조직밀도가 많은 부위의 검사 시 관전압(kVp)을 올리고 관전류(mAs)를 낮추거나, 단면두께를 얇게 설정 그리고 갱트리 각도나 환자 자세를 조절하여 뼈와 같은 조직밀도가 높은 부위를 피해 스캔함으로써 인공물의 발생을 피하도록 하고 있다고 한다⁸⁻⁹⁾.

이러한 근거를 통해 우리는 환자의 체위변화와 호흡 조절을 통해 팔꿈치관절을 감약이 많은 복부 장기에 중첩되게 하여 획득한 영상과, 상대적으로 감약이 적은 폐(-700) 조직과 중첩시켜 얻은 영상의 질을 비교해 보았다.

III. 실험

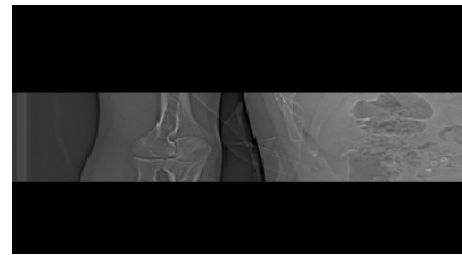
1. 검사 대상 및 방법

임상에서 사용하는 팔꿈치관절 프로토콜 (120kvp, 200mAs, 3mm slice thickness)으로 설정하고 재구성하여 축 방향영상(Axial image)를 획득하였다.

2016년 H 병원에서 검사한 20명의 환자를 대상으로 후향적 방법으로 실험하였다. 환자의 성별은 남자 15명 여자 5명이었으며, 나이는 평균 49.5세였다.

환자의 팔꿈치관절 CT 검사 시 바로 누운 상태로 검사 반대 측 팔은 오른쪽 팔꿈치관절이 복부와 동일 선상에 위치하게 하고 얇은 호흡한 상태로 검사 20명 (Lung Out), 실험군은 비스듬히 누운 상태로 팔꿈치관절이 흉부와 동일 선상에 위치하게 하고 흡기 호흡한 상태로 검사 20명 (Lung In)으로 설정하였다.

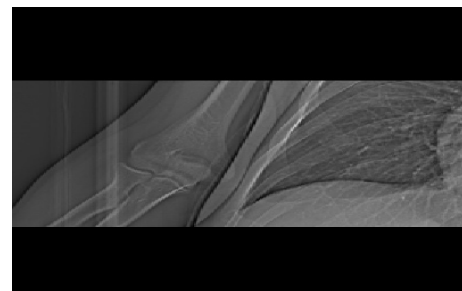
이를 통해 얻은 영상에서 대조도 대 잡음비(Contrast to Noise ratio, CNR), 평균 대 표준편차 비(Mean to Standard Deviation, MSR)을 구하기 위해 Image J 프로그램을 이용하여 Bone, Soft tissue, Back ground 각각의 평균과 잡음을 측정하였다. 측정에서 ROI는 모두 30으로 설정하였다.



Lung out

그림 1. 바로 누운 자세에서 환자의 팔꿈치가 복부와 평행하게 된 자세

Fig. 1. In supine position, patient's right elbow is parallel with abdomen(Lung out).



Lung In

그림 2. 바로 누운 자세에서 환자의 오른쪽 팔꿈치가 폐와 평행하게 된 자세

Fig. 2. In supine position, patient's right elbow is parallel with Lung(Lung In).

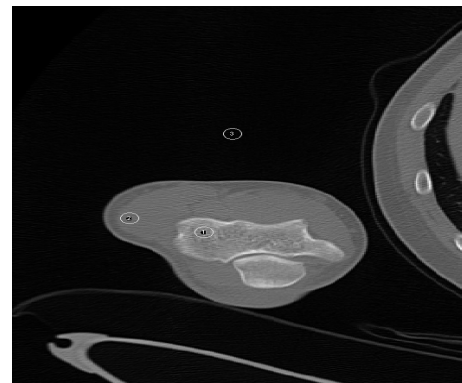


그림 3. ROI가 Bone, Tissue, Background에 위치하여 있는 상태

Fig. 3. ROI is set at Bone, Tissue and Background.

$$CNR = \frac{Mean(Bone) - Mean(Tissue)}{S.D(Background)} \quad (2)$$

$$MSR = \frac{Mean(Bone)}{Mean(Tissue)} \quad (3)$$

2. 통계분석

환자를 이용한 두 검사방법 간의 화질평가는 각 각의

영상에서 Bone, Soft tissue, Air 부분의 평균 (Mean) 값, 표준편차(Standard Deviation) 값을 구하였고 이를 통해 CNR, MSR 값을 대응분석을 이용하여 비교·분석하였다. 모든 통계분석은 SPSS(version 18.0) 를 이용하였으며, 비모수 검정 방법을 사용 하였다. $p < 0.05$ 일 경우 통계적으로 유의한 것으로 하였다.

Bone의 평균 (Mean) 값의 Lung In의 평균은 Lung Out 대비 약 1% 증가하여 근소하게 증가 됐음을 보여줬으며, 잡음의 차이는 10% 감소한 결과 값을 보여주었다.

표 1. Lung In & Lung out Mean(Bone) 비교
Table1. Comparison Lung in with Lung out of mean value.

Parameter	N	Mean±SD (Bone)
Lung In	20	230.80±90.35
Lung Out	20	228.13±101.70

CNR값이 높을수록 우수한 영상이며, Lung In 검사와 Lung Out 검사의 CNR을 비교한 결과 Lung In의 CNR 평균값은 9.28, Lung Out의 CNR 평균값은 7.66로 측정되었다. Lung In의 CNR 평균값이 Lung Out에 대비하여 21% 증가하여 더 우수하게 나타났다. Wilcoxon 비모수 검정을 사용한 결과 통계적으로는 매우 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

표 2. Lung In & Lung out CNR 비교
Table2. Comparison Lung in with Lung out of CNR.

Parameter	N	CNR(Mean±SD)	P-value
Lung In	20	9.28±4.83	0.03
Lung Out	20	7.66±4.06	

MSR값이 높을수록 우수한 영상이며, Lung In 검사와 Lung Out 검사의 MSR을 비교한 결과 Lung In의 CNR 평균값은 2.70, Lung Out의 CNR 평균값은 2.26로 측정되었다. Lung In의 MSR 평균값이 Lung Out에 대비하여 19% 증가하여 더 우수하게 나타났다. Wilcoxon 비모수 검정을 사용한 결과 통계적으로는 매우 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

표 3. Lung In & Lung out MSR 비교
Table3. Comparison Lung in with Lung out of MSR.

Parameter	N	MSR(Mean±SD)	P-value
Lung In	20	2.70±0.73	0.015
Lung Out	20	2.26±0.48	

CTDIvol값은 Lung In, Lung Out 모두 13.32로 선량에서는 두 검사 간 차이가 없었다.

표 4. Lung In & Lung out CTDIvol값 비교
Table4. Comparison Lung in with Lung out of CTDIvol.

Parameter	N	CTDI _{vol}
Lung In	20	13.32
Lung Out	20	13.32

IV. 결 론

임상에서는 팔꿈치관절 골절로 인해 환자의 팔이 거상되지 않을 때는 내리고 검사하는 경우가 많다. 기존 연구에 의하면 소아 검사 시 팔을 올리고 시행한 검사보다 내리고 시행 한 검사의 흡수선량은 4배, 유효선량은 15배 높게 측정 되었다^[11]. 그러나 본 실험에서는 팔꿈치관절의 폐야내, 외 위치에 따른 CTDIvol 의 통계적 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며, 복부 내 방사선 민감 장기를 피할 수 있을 뿐만 아니라, 선 감약이 많은 복부 장기 보다 감약이 상대적으로 적은 폐야에 중첩함으로써 복부 내 방사선 민감 장기의 피폭을 줄일 수 있는 효과를 가지고 올 수 있다. 그러나 본 실험에서 환자의 수를 20 명으로 제한하여 실험함으로써 많은 환자의 데이터를 얻지 못하는 한계를 가지고 있으며, 상체와 팔꿈치관절의 두께를 다양화 하지 못한 것과 상관성을 규명하지 못하였다. 또한 정성적 평가(Qualitative analysis)를 시행하지 못하고, 정량적 평가(Quantitative analysis)에만 의존하여 결론을 내린 제한점을 가지고 있다. 그러나 실험의 결과 복부 장기에 중첩한 영상(Lung out) 보다 폐야에 중첩시킨 결과(Lung in) 가 CNR, MSR 값에서 우수한 결과를 보여주었다. 이러한 결과를 토대로 팔을 거상할 수 없는 경우 바로 누운 자세에서 왼쪽으로 30도 정도 돌린 후 심 흡기로 검사하는 방법을 권장하고자 한다.

REFERENCES

- [1] Y. K. Kim, C. S. Kim, B. R. Park, Y. S. Park, H. K. Park, K. E. Lee, "Textbook of Computed Tomography", 1997.
- [2] Y. K. Chung, "Radiology Studies of Elbow Joint", Journal of Korean Shoulder and Elbow Society, Vol 2010, No. 11, pp. 55-61, 2010.
- [3] Y. H. Ko, D. C. Kwon, K. K. Kim, "Textbook of

Computed Tomography”, pp. 19-22, Chung-ku Publishing co, 2009.

[4] B. U. Joo, D. W. Seo, K. B. Im, S. H. Kang, J. S. Lim, Evaluation of Image Quality and the Usefulness with/without Opposite Upper Extremity Elevation During a One-Sided Shoulder CT Scan, Journal of Korean Society of Computed Tomography, Vol. 17, No. 1, pp. 117-124, 2015.

[5] D. Y. Cho, J. M. Lee, H. C. Kim, H. J. Kim, Clinical analysis of fractures around the elbow joint in adults, Journal of Koreans Fracture Society, Vol. 8, No. 2, pp. 430-438, 1995.

[6] W. K. Jung, Radiology studies of elbow joint, Korean Shoulder and Elbow Society, Vol. 8, pp. 55-61, 2010.

[7] J. S. Kang, S. K. Ko, D. K. Kwon Quality Improvement of Computed Tomography. X-ray device Quality Improvement and examination. Jung-moon Publishing co. 2000;109-128 2007.

[8] S. H. Kim et al, Development and Radiation Shield effects of Dose Reduction Fiber for Fiber for Scatter ray in CT Exams, Journal of Korean Academia-Industrial cooperation Society Vol. 14, No. 4, pp. 1871-1872, 2013.

[9] M. C. Kim, Actual performance management of the Computed Tomography. Journal of Korean Society Council Computed Tomography 1st Refresher training; 53-66, 2002.

[10] H. Y. Kim, A study of beam hardening effect reduction occur in brain CT, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 16, No. 12, pp. 8479-8486, 2015.

[11] A method to reduce effective dose in CT on children’s elbows, Jung Jae Ho, Korea Univ., 2012.

저 자 소 개



임 종 천(정회원)
 2000년 한양대학교 의료원 영상의학과
 2014년 을지대학교 보건대학원 석사 졸업.
 2017년 을지대학교 보건대학원 박사 졸업.

<주관심분야: 컴퓨터단층촬영, 디지털영상>



박 상 현(정회원)
 2014년 안산대학교 방사선과 전문 학사 졸업.
 2015년 을지대학교 방사선학과 학사 졸업.
 2015년 한양대학교 의료원 영상의학과

<주관심분야: 통신, 컴퓨터, 신호처리, 반도체>



이 인 재(정회원)
 2010년 고려대학교 보건전문대학교 방사선과 전문학사 졸업.
 2010년 한양대학교 의료원 영상의학과
 2014년 을지대학교 방사선학과 학사 졸업.

<주관심분야: 컴퓨터단층촬영, 디지털영상>