

T-spine exhalation technique과 자연스런 호흡 상태에서 촬영하는 T-spine breathing technique의 정량적 평가

손순룡¹, 최관우¹, 민정환^{2*}, 손진현², 김기원², 정재홍³, 정회원⁴
¹서울아산병원 영상의학과, ²신구대학교 방사선과, ³부천순천향대학병원, ⁴백석문화대학교

Evaluation of quantitative on T-spine exhalation technique and T-spine breathing technique of natural breathing

Soon-Yong Son¹, Kwan-Woo Choi¹, Jung-Whan Min^{2*}, Jin-Hyun Son²,
Ki-Won Kim², Jae-Hong Jung³ and Hoi-Woun Jeong⁴

¹Department of Radiology, Asan Medical Center

²Department of Radiology, Shin-Gu University

³Department of Oncology, Soonchunhyang University Bucheon Hospital

⁴Department of Radiology, Baekseok Culture University

요 약 흉추 측면검사에서 기존의 T-spine exhalation technique (TET)과 환자의 자연스런 호흡 상태에서 촬영하는 T-spine breathing technique (TBT)의 대조도 잡음 비와 신호 대 잡음 비를 측정하여 적절한 검사기법을 제시하고자 하였다. 2012년 6월부터 2012년 11월까지 척추질환으로 본원을 내원하여 흉추 측면검사를 시행한 환자 53명을 대상으로 하였으며, 동일한 환자를 대상으로 측면 선 자세에서 기존의 TET와 TBT를 병행하였다. 화질 평가는 흉추 측면 검사의 평가요소 중 5곳(극돌기, 추궁근, 추체, 추간공, 추간)을 Image J 프로그램을 이용하여 관심영역을 정하고 화소의 평균과 대조 농도와의 차이를 구하여 대조도 잡음 비를 측정하여 비교하였다. 또한 추체에 관심영역을 정하여 화소의 평균과 표준편차를 구하고 신호 대 잡음 비를 측정하여 비교하였다. TET와 TBT방법으로 촬영한 영상을 대조도 잡음 비와 신호 대 잡음 비에서 비교한 결과, TBT방법이 추궁근, 추체, 추간공, 추간의 구조에서 우수하게 나타났으며, 통계적으로 매우 유의하였다($p < .01$). 기존의 심호기법에 비해 TBT방법으로 촬영한 영상은 우수한 화질을 제공하므로 이를 토대로 임상에 흔재되어 있는 흉추 측면 검사법을 재정립하고, 여러 의료기관에 적용할 경우, 유용성이 크다고 사료된다.

Abstract Measurements of CNR(Contrast to Noise Ratio) and SNR(Signal to Noise Ratio) of T-spine breathing technique (TBT) using spontaneous breathing and T-spine exhalation technique (TET) with full exhalation were carried out, and with which the more appropriate method was suggested. Both TBT and TET were examined in a sample of fifty-three patients who visit to our hospital for spinal disease from June 2012 to November 2012. All images were evaluated with CNR measured from the differences between the mean pixels and contrast density as setting ROI of spinous process, pedicle, vertebral body, intervertebral foramen, and intervertebral disk using Image J. SNR was measured with the mean pixels and the standard deviation as setting ROI of vertebral body using Image J. In CNR comparison and SNR comparison of TET and TBT, TBT was indicated as excellent in ROI of pedicle, vertebral body, intervertebral foramen and intervertebral disk, and statistical analysis were significant($p < .01$). As TBT indicated excellent images compared to the existing T-spine lateral radiography, T-spine lateral radiography would be reestablished and significant as applying to various medical institutions.

Key Words : T-spine breathing technique, CNR, SNR

이 연구는 2013년도 신구대학교 교육역량강화사업 지원에 의해서 수행됨

*Corresponding Author : Jung-Whan Min (Shingu Univ.)

Tel: +82-10-9990-2195 email: pmpmpm@daum.net

Received June 19, 2013

Revised (1st August 9, 2013, 2nd August 28, 2013)

Accepted September 6, 2013

1. 서론

인체의 중심축을 이루고 있는 척추는 경추와 흉추, 요추, 천추, 미추 등 33개의 크고 작은 뼈로 구성되어 있다 [1]. 이 중 흉추는 경추나 요추와 달리 늑골과 관절을 이루고, 후관절의 관상면상 정렬에 의해 견고하게 유지되고 있으며, 늑골로 구성된 흉곽과 척추부위 근육이 척추를 보호하여 척추신경 손상을 방지하는 중요한 기능을 한다 [2, 3].

흉추와 요추는 척추에서 골절이 가장 흔하게 발생하는 부위이며[4], 특히 흉추는 해부학적 구조상 척추관이 좁고 혈류가 취약하기 때문에 외상 시에 신경 조직을 보호하기 위한 여유 공간이 좁다[5]. 이러한 이유로 흉추 골절 환자는 흔히 심한 신경학적 손상이 동반되며, 교통사고나 낙상과 같은 고에너지 손상의 경우 완전히 마비되는 경우가 불완전마비 보다 6대 1의 비율로 빈번하게 발생한다[6]. 또한 심한 골절 시 척추뿐만 아니라, 주위 장기의 손상도 발생할 수 있다. 특히 횡돌기 골절이 있을 때는 복부 장기 손상에 대한 검사가 필요하며, 다발성 편측성 횡돌기 골절이 있을 경우 약 2/3에서 주요 척추 손상이 동반되고 있다[7].

이를 진단하기 위한 가장 기본적이면서 정밀 검사의 지침이 되는 것이 척추 일반방사선검사이다. 즉 척추 일반방사선검사는 선천성 기형, 기형성 척추 관절염, 외상에 의한 골절, 손상, 탈구, 결핵, 종양, 척추 분리증 등의 진단이 가능하다[8].

척추 일반방사선검사의 주요 기법은 전후면 및 측면검사 사이며, 척추 골절에서는 전후면 보다 측면 영상이 더 유익한 정보를 제공한다. 이는 측면 방사선 영상에서 three column을 한 번에 볼 수 있고, 전위와 추체 높이의 변화를 알 수 있기 때문이며, 정확한 진단과 치료를 위한 양질의 영상은 필수적이다[9].

그러나 척추는 추체, 추궁근, 추간공, 추간관절 등 다양한 입체적 구조물로 이루어져 서로 공유하는 부위이기 때문에 촬영 조건의 설정이나 대조도 형성이 쉽지 않아 영상 판독에 어려움을 겪는 영역이다. 특히 흉추는 늑골과 폐야의 농도, 견관절, 쇄골 음영, 심장 음영 등이 겹쳐서 명확한 영상을 얻기 어려운 제한점이 있어 film screen type과 CR(computed radiography)에서는 보상 필터(aluminium filter, wedge filter) 사용과 콜리메이션을 통한 화질 개선을 도모하였으나 만족스러운 결과를 도출하기에는 미흡함이 많았다[8].

최근 디지털 영상기법의 발전에 따른 DR (digital radiography)의 도입으로 촬영조건 설정의 부담이 해소되고, 여러 검사에서 획기적으로 영상의 질이 개선되었으

나, 흉추 진단에 있어서는 여전히 근원적 한계를 벗어나지 못하고 있다.

참고 서적이거나 의료기관의 매뉴얼 등에도 흉추 일반방사선검사는 심호기(exhalation) 시에 검사하도록 권고하고 있으며, 특히 관련 대학에서 보편적으로 사용하고 있는 일부 교재에도 심호기에서 검사를 기본검사법으로 제시하고 있는 실정이다. 극히 일부의 서적에서 폐혈관과 늑골과 흉추가 중복되는 경우가 있으므로 선명한 영상을 얻기 위해 호흡을 천천히 하면서 촬영하도록 권장하고 있으나, 어떠한 근거나 구체적인 검사방법을 제시하지 않고 있다[8]. 이로 인해 대다수의 의료기관에서는 심호기 시에 촬영을 하고 있으며, 자연스런 호흡 하에 촬영하는 방법에 대해서는 전혀 모르는 경우가 빈번하다.

최근 'low mA, long time'의 촬영조건 하에 환자의 자연스런 호흡 상태에서 촬영하는 방법이 화질 개선에 유용하다는 연구가 있었으나[10], 아직 인식도가 매우 낮고 임상적용이 미진하며, 타당성이나 신뢰성에 회의적인 측면이 존재하고 있는 것이 사실이다. 특히 객관적인 평가틀이 아닌 육안적 평가를 통한 주장이었기에 객관적인 자료로 인정받기에는 한계가 있어 보인다.

이에 저자들은 동일한 환자를 대상으로 전통적인 방법(T-spine exhalation technique, 이하 TET)과 T-spine breathing technique(이하 TBT)을 병행하여 촬영한 다음, 획득한 영상에서 객관적인 정량적 평가를 위해 대조도 잡음비(Contrast to Noise Ratio, 이하 CNR)와 신호 대 잡음비(Signal Noise Ratio, 이하 SNR)을 비교함으로써 [11-17], 보다 진단적 가치가 높은 흉추검사법을 제시하고자 하였다.

2. 연구대상 및 방법

2.1 연구 대상

2012년 6월부터 2012년 12월까지 척추질환으로 흉추 측면방사선검사를 시행한 환자 70명을 대상으로 하였으며, 이 중 중복된 10명과 자세가 불량한 7명을 제외한 53명을 분석의 대상으로 하였다. Table 1과 같이 대상자의 질환은 압박골절을 비롯한 질환자가 43명이었고, 정상환자는 10명이었다. 그리고 성별은 남성이 21명, 여성이 32명이었으며, 평균 연령은 49세였다.

[Table 1] Result of subject patient diseases diagnosis and Socio-demographical variables

Category	Division	Frequency	Percentage(%)
Gender	Male	21	34.4
	Female	32	65.6
Age	30 under	9	16.98
	31 ~40	11	20.75
	41 ~50	8	15.09
	51 ~60	10	18.87
	61 ~70	8	15.09
	80 up	7	13.21
Patient diseases	Com. fracture	16	30.18
	Osteoporosis	9	16.98
	Spondylosis	7	13.20
	Abnormality	6	11.32
	Nodular	5	9.43
	Normality	10	18.86

2.2 연구 방법

흉추 측면촬영 과정은 우선 환자를 좌측면 선 자세(left true lateral erect position)로 위치시킨 다음, 환자의 팔과 척추의 겹침 방지 및 안정적 자세 유지를 위해 Fig. 1과 같이 wall bucky에 부착되어 있는 붓을 가볍게 잡게 하였다. 촬영 시 움직임에 의한 영상의 흐림을 방지하기 위하여 다리를 어깨 너비만큼 벌리게 하고, 어깨를 촬영대에 밀착시켜 최대한 척추가 움직이지 않도록 유지하였다.

X선관과 검출기(detector) 사이의 거리(SID)를 100cm으로 설정하고, 제 6흉추를 중심으로 12개의 흉추를 모두 포함시켜 manual mode로 검사를 진행하였다. 검사 방법은 동일한 환자를 대상으로 기존의 TET로 1회 촬영한 다음, 1분간 호흡을 고르고, 노출조건을 변경하여 자연스럽게 호흡하면서 TBT를 1회 촬영하였다.

검사장비는 flat panel detector가 장착된 DR unit(Discovery XR 650, GE Healthcare)를 사용하였으며, 노출조건은 두 기법 모두 90kV, 40mAs로 동일 노출량을 설정하였다. 노출량은 동일하지만, 관전류량(mAs)의 경우 TET는 기존의 검사방법이므로 통상적으로 적용하는 조건인 90kV, 320mA, 0.125sec를 그대로 사용하였다. 반면, TBT는 low mA, long time의 90kV, 20mA, 2sec를 사용한 차이점이 있다[10, 18]. 즉 TBT는 자연스럽게 호흡하면서 촬영하는 새로운 검사기법으로서 동일한 노출조건 하에 시간을 최대한 길게 해야 호흡에 의한 흐림(blur) 현상이 나타나므로 가장 적은 20mA와 2sec을 설정하여 동일한 관전류량을 산정하였다.



[Fig. 1] Left true lateral erect position for T-spine projection

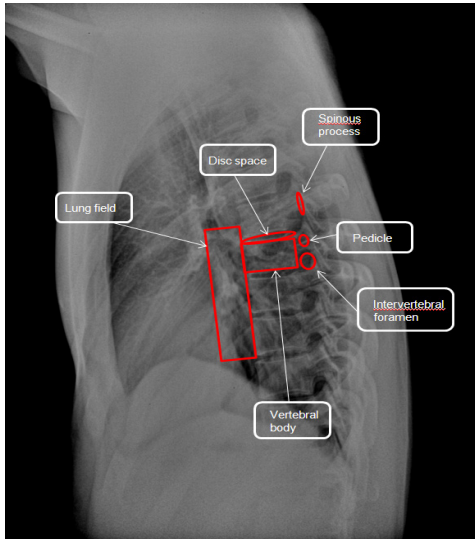
2.3 영상의 화질 평가

기존의 TET로 촬영한 영상과 TBT로 촬영한 영상을 대상으로 CNR과 SNR을 측정하여 비교하였다. 평가의 정확성을 위하여 Window width는 1000, Window level은 0인 상태에서 T-spine 뒤의 skin에서 1cm 떨어진 곳과 영상의 높이의 중간지점에 100mm²의 ROI(Region of Interest)를 선정하여 측정된 값을 백그라운드 표준편차로 정하였다.

2.4 CNR 측정

두 검사기법으로 촬영한 영상에서 흉추 측면검사의 평가 요소 중 잘 진단되지 않는 경흉추부(cervico-thoracic junction)를 제외한 5곳(극돌기, 추궁근, 추체, 추간공, 추간)을 설정한 다음, 영상처리 프로그래밍으로서 편집 및 분석, 처리, 픽셀값 통계를 계산할 수 있는 'Image J' 프로그램을 이용하여 측정하였다. Fig. 2와 같이 관심영역을 정하였다[8]. 또한, 식1을 사용하여 CNR을 측정하였다. ROI의 화소(pixel) 신호 강도의 평균값과 표준편차를 각각 측정하고, 백그라운드의 신호강도 평균값에서 ROI를 제외한 값을 측정 후 백그라운드의 신호강도 표준편차를 구하여 ROI를 포함한 표준편차를 더한 다음 전체적으로 나누어 준다.

$$CNR = \frac{(Background SI_{Avg} - ROI SI_{Avg})}{\sqrt{Background SD^2 + ROI SD^2}} \quad (1)$$

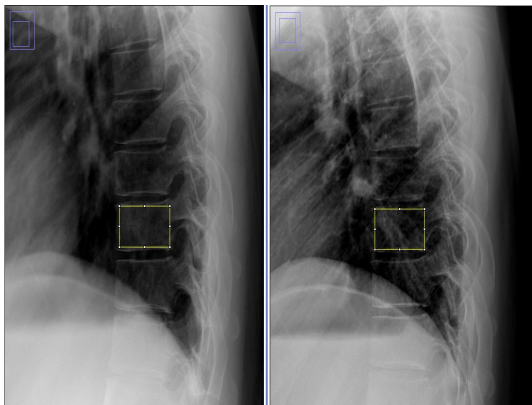


[Fig. 2] CNR measurements of evaluation point in T-spine lateral image

2.5 SNR 측정

Fig. 3과 같이 두 검사기법으로 촬영하여 획득한 영상의 추체에 'Image J' 프로그램을 이용하였다. 다음과 같은 식2를 사용해 백그라운드의 신호강도 평균값에서 ROI를 제외한 값을 측정해서 ROI를 포함한 표준편차를 전체적으로 나누어 줌으로서 SNR을 측정하였다.

$$SNR = \frac{(Background SI_{Avg} - ROI SI_{Avg})}{ROI SD} \quad (2)$$



[Fig. 3] SNR measurements of vertebral body in T-spine lateral TET and TBT image

2.6 통계적 분석 방법

TET와 TBT로 촬영하여 획득한 영상의 CNR과 SNR의 결과를 각 영상별로 산정한 다음, 검사기법 간 화질의 차이를 분석하기 위하여 SPSS 18 통계 프로그램을 이용하여 독립 t검정(independent t-test)을 시행하였다. 검사기법간 CNR과 SNR의 평균과 표준편차를 비교하여 통계적 유의성을 검증하였다. 통계분석은 95% 신뢰수준에서 p값이 .05보다 작은 경우 유의한 차이가 있는 것으로 결정하였다.

3. 연구결과

3.1 CNR과 SNR 측정 결과

TET와 TBT로 촬영한 영상을 CNR과 SNR로 비교한 결과, 극돌기는 Table 2, 3과 같이 TET가 6.60±0.10, 6.69±0.07로 TBT의 5.56±0.08, 5.69±0.07보다 CNR과 SNR이 우수하게 나타났으며, CNR에서 검사기법 간 차이는 1.04로 TET가 우수하게 나타났으며, SNR에서도 TET가 1.00 차이로 더 우수하게 나타났다. 통계적으로는 매우 유의한 차이를 보였다(p<.05).

추궁근에서 CNR과 SNR을 비교한 결과, Table 2, 3과 같이 TBT는 6.50±0.11, 7.54±0.13이었고, TET는 4.28±0.08, 4.35±0.08로 나타났다. CNR에서 검사기법 간 차이는 2.22로 TBT가 우수하게 나타났으며, SNR에서도 TBT가 3.19 차이로 더 우수하게 나타났다. 통계적으로는 매우 유의한 차이를 보였다(p<.01).

추체는 Table 2, 3과 같이 CNR과 SNR을 비교한 결과, TBT는 3.98±0.13, 5.18±0.16이었고, TET는 0.64±0.03, 0.64±0.03로 나타났다. CNR에서 검사기법 간 차이는 3.34로 TBT가 우수하게 나타났으며, SNR에서도 TBT가 4.54 차이로 더 우수하게 나타났다. 통계적으로는 매우 유의한 차이를 보였다(p<.01).

추간공의 결과, Table 2, 3과 같이 CNR과 SNR을 비교한 결과, TBT는 1.40±0.04, 1.65±0.05이었고, TET는 0.60±0.05, 0.62±0.04로 나타났다. CNR에서 검사기법 간 차이는 0.80로 TBT가 우수하게 나타났으며, SNR에서도 TBT가 1.03 차이로 더 우수하게 나타났다. 통계적으로는 매우 유의한 차이를 보였다(p<.01).

추간에서는 Table 2, 3과 같이 CNR과 SNR을 비교한 결과, TBT는 0.90±0.07, 0.98±0.06이었고, TET는 0.88±0.07, 0.90±0.06로 나타났다. CNR에서 검사기법 간 차이는 0.02로 TBT가 다소우수하게 나타났으며, SNR에서도 TBT가 0.08 차이로 조금 더 우수하게 나타났다. 통계적으로는 매우 유의한 차이를 보였다(p<.01).

[Table 2] Difference of CNR all classification on TET and TBT image

Classification	Method	CNR (mean±SD)	Sig.
spinous process	TBT	5.56±0.08	.000
	TET	6.60±0.10	
pedicle	TBT	6.50±0.11	.000
	TET	4.28±0.08	
vertebral body	TBT	3.98±0.13	.000
	TET	0.64±0.03	
intervertebral foramen	TBT	1.40±0.04	.000
	TET	0.60±0.05	
disc spac	TBT	0.90±0.07	.042
	TET	0.88±0.07	

[Table 3] Difference of SNR all classification on TET and TBT image

Classification	Method	SNR (mean±SD)	Sig.
spinous process	TBT	5.69±0.07	.000
	TET	6.69±0.07	
pedicle	TBT	7.54±0.13	.000
	TET	4.35±0.08	
vertebral body	TBT	5.18±0.16	.000
	TET	0.64±0.03	
intervertebral foramen	TBT	1.65±0.05	.000
	TET	0.62±0.04	
disc spac	TBT	0.98±0.06	.000
	TET	0.90±0.06	

4. 고찰 및 결론

척추 골절의 약 50%는 신경학적 이상을 동반하며, 신경학적 이상이 동반되지 않더라도 불안정성 골절로 수술적 치료를 고려해야 하는 경우가 빈번하기 때문에 척추 골절의 감별 진단은 매우 중요하다[19]. 이를 위해 일반 방사선검사를 시행한 다음, 평가에 따라 전산화단층촬영(computed tomography)을 실시하여 확진하는 것이 보편화되어 있으나, 일반방사선 영상만으로 골절 유형이나 유무를 감별하기 어려운 단점이 있다. 그러나 일반방사선 영상의 화질 저하에 따른 질환을 발견하지 못할 경우, 전산화단층촬영 없이 귀가하는 사례가 빈번하여 문제점으로 작용하고 있으므로 초진 시 일반방사선검사에 대한 판독소견이 매우 중요하다[20, 21].

장외찬 등[22]은 디지털 영상저장전송장치(picture archiving communication system, PACS)에서 척추 측면 방사선 영상을 Wintopo 프로그램으로 후처리하여 오진율을 15% 가량 감소시켰으며, 더 높은 진단율을 위해서는 전산화 단층촬영에 의한 보완이 필요하다고 보고하였다. 그러나 Wintopo 프로그램을 처리하는데 많은 시간과 노력이 소요되어 임상 적용성이 미약하다는 단점이 있다. 이에 반해 복잡한 프로그램 처리 없이 기존의 척추 측면 방사선검사에서 호흡의 방법(자연스러운 호흡 상태)과 노출조건(low mA, long time)의 개선만으로 화질을 획기적으로 개선하였다는 점에서 의의가 크다고 하겠다.

Andy C[23]는 CR system 하에 66kV, 50mA, 2.5sec, FFD 100-115cm, 격자(grid) 사용으로 TBT의 유용성을 주장하였고, 썬기모양 추체와 추간(disc space) 진단 시에는 long FFD, low kVp가 유용하다고 하였으며, aluminum filter와 DR system을 조합하면 더 우수한 영상을 얻을 수 있다고 주장하였다. 그러나 CR system은 척추촬영에서 화질 저하가 최대의 단점으로 지적되어 현재 임상에서는 대부분 DR 장비를 사용하고 있는 추세이며, 막연히 DR system을 조합하면 우수하다는 의견만 제시하였을 뿐, 어떠한 구체적인 방법도 제시하지 않은 측면이 있다.

Fuller[18]는 흉추 측면촬영 시, 고정된 조건(fixed kVp, mA, exposure time)으로 breathing technique을 적용하면 흉추와 상부 요추의 추체를 주변 조직과 분리해서 명확하게 모출해 낼 수 있어 오진을 방지할 수 있다고 하였으나, 객관적인 근거 없이 일부 case만 제시하였다는 한계가 있다.

이렇듯 흉추 측면검사는 늑골과 폐야의 농도, 견관절, 쇄골 음영, 심장 음영 등이 겹쳐서 명확한 영상을 모출해 내기 어렵기 때문에 최근에는 DR 장비를 이용하여 다양한 시도를 하고 있으나, 만족스런 결과를 도출해내지 못하고 있는 실정이다. 이에 저자들은 최근 일부 의료기관과 연구에서 제시[10]되고 있는 TBT에 관하여 53명의 동일한 대상자에게 기존의 TET와 TBT를 적용한 검사법을 병행하여 객관적인 평가 툴인 CNR과 SNR로 체계적인 영상의 질 평가와 통계학적인 검증을 거쳤다.

연구 결과, 기존의 TET에 비해 TBT 영상이 진단의 핵심 구조인 추궁근, 추체, 추간공, 추간에서 우수한 CNR과 SNR을 보였으며, 극돌기에서는 TET가 더 좋은 CNR과 SNR이 좋은 결과 값을 나타냈다. 이는 아주 작은 area를 평균하였을때 한계점을 들어낸다고 할 수 있으며, 흉추영상에서 극돌기 영상은 뼈와 공기밀도가 공존하고 있는 결과라고 할 수 있다. 따라서, TET 대비 TBT가 흉추 구조물의 진단에 우수하다는 김 등[10]의 주장과 일치하

는 결과를 보였으나, 김 등의 연구는 시각적으로 화질을 평가하였기에 객관성 있는 자료라는 측면에서는 한계가 있다.

이상을 종합해 보면, 기존의 전통적 방법인 TET에 비해 임상적 진단과 치료에서 양질의 영상을 제공하는 TBT를 적용한 흉추 측면검사가 필수적이며 환자 측면에서 심호기가 힘든 고령의 환자들에게도 TBT는 매우 유용한 검사법이라 하겠다. 즉 객관적인 화질 평가를 통해 TBT가 늑골이나 폐, 견갑골, 심장 등의 음영은 흐리게 하고, 주 진단 부위인 척추와 주위 구조물의 형태를 명확하게 묘출해 낼 수 있음을 입증하였다. 이를 토대로 임상에 혼재되어 있는 흉추 측면 검사법을 재정립하고, 여러 의료기관에 적용할 경우, 유용성이 크다고 사료된다. 본 연구는 CNR과 SNR의[12-14] 측정 범위의 설정에 어려움이 있어 연구자들의 임의 설정이 이루어 졌다는 제한점이 있지만, 이전에 적용하지 않은 객관적인 화질 평가를 적용하여 우수성을 입증하였다는 데에 학술적 의미를 부여할 수 있다.

References

- [1] White A, Panjabi M, "Clinical biomechanics of the spine". J.B.Lippincott Company, pp.3-77, 1990.
- [2] Andriacchi T, Schultz A, Belytschko T, Galante J, "A model for studies of mechanical interactions between the human spine and rib cage". J Biomech, pp.497-507, 1974.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0021-9290\(74\)90084-0](http://dx.doi.org/10.1016/0021-9290(74)90084-0)
- [3] Bohlman H, Freehafer A, Dejak J, "The results of treatment of acute injuries of the upper thoracic paralysis". J Bone Joint Surg, pp.360-369, 1985.
- [4] Gertzbein SD, "Fractures of the thoracic and lumbar spine, Baltimore". Williams & Wilkins, 1992.
- [5] Shapiro S, Abel T, Rodgers RB, "Traumatic thoracic spinal fracture dislocation with minimal or no cord injury". Report of four cases and review of the literature, J neuro surg(Spine 3), pp.333-337, 2002.
- [6] Singh K, Kim D, Vaccaro AR, "Thoracic and lumbar spinal injuries". The spine 5th ed, Philadelphia, Saunders, pp.1132-1156, 2006.
- [7] B. J. Shin, T. K. Yun, H. S. Kang, J. C. Lee, K. J. Kim, Y. I. Kim, "Intraspinal gas with lumberjack injury". J of Korean Society of Spine Surg, 3, pp.195-201, 1996.
- [8] S. S. Kang, S. G. Ko, I. H. Ko, "TEXTBOOK of Radiographic Positioning and Clinical Diagnosis". Chung-Ku publishing Co, pp.225-250, 2008.
- [9] B. J. Shin, "Thoracic and lumbar spine injury, Department of Orthopaedic Surgery". Journal of Korean Spine Surg, 6(2), pp.271-280, 1999.
- [10] K. S. Kim, S. Y. Son, K. S. Lee, D. Y. Ha, "A Study on usefulness of T-spine breathing-technique for improving image quality". pp.99-106, 2012.
- [11] Doi K, "Diagnostic imaging over the last 50 years: research and development in medical imaging science and tecnology". Phys Med Biol, 51(13), pp.R5-R27, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9155/51/13/R02>
- [12] J. M. Kim, J. W. Min, H. W. Jeong, E. K. Im, H. J. Yang, "The noise evaluation for Ragius 150 CR system". Journal of Korean Society of Radiological Technology, 29(4), pp.237-240, 2006.
- [13] J. W. Min, J. M. Kim, H. W. Jeong, "Mixed noise reduction filters for CR Images". Journal of Korean Society of Radiological Technology, 30(1), pp.1-6, 2007.
- [14] J. W. Min, J. M. Kim, H. W. Jeong, C. I. Ohk, "Research about filter association and clinical effect noise reduction of digital imaging system". Journal of Korean Society of Radiological Technology, 30(4), pp.329-334, 2007.
- [15] H. W. Jeong, J. W. Min, J. M. Kim, M. S. Park, K. Y. Lee, "Performance characteristic of a CsI(Tl) flat panel detector radiography system". Journal of Korean Society of Radiological Technology, 35(2), pp.109-117, 2012.
- [16] H. S. Park, Y. N. Oh, H. J. Jo, S. T. Kim, Y. N. Choi, H. J. Kim, "Comparison study of image quality of direct and indirect conversion digital mammography system". Journal of Korean Society of Radiological Technology, 21(3), pp.239-245, 2010.
- [17] H. K. Kim, M. K. Jo, "Investigation of radiation effects on the signal and noise characteristics in digital radiography". J. Biomed. Eng. Res, 28(6), pp.756-767, 2007.
- [18] Fuller MJ, "Breathing Exposure Techniques in Radiography, Lateral chest x-ray Digital Double-Dipping, Soft Tissue Signs-Thoracic Spine". wikiRadiography.
- [19] McEvoy RD, Bradford DS, "The management of burst fractures of the thoracic and lumbar spine, experience in 53 patients". Spine, 10, pp.631-637, 1985.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00007632-198509000-00007>
- [20] Daffner RH, Deeb ZL, Rothfus WE, "The posterior vertebral body line: importance in detection of burst

fractures". Am J Roentgenol, 148, pp.93-96, 1987.

DOI: <http://dx.doi.org/10.2214/ajr.148.1.93>

- [21] Wang SC, Grattan-Smith A, "Thoracolumbar burst fractures: two "new" plain film signs with CT correlation". Australas Radiol, 31, pp.404-413, 1987.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-1673.1987.tb01862.x>
- [22] E. C. Jang, H. J. Jung, C. K. Park, "Diagnosis of Burst Fracture of the Spine on Plain Radiographs Using the Wintopo Program". J of Korean Orthop, ASSOC, 38, pp.432-436, 2003.
- [23] Andy C, "Modified Lateral Thoracic Spine Technique, Imaging Vertebral Body Wedge Fractures, Aluminium Filter Techniques in Radiography". wikiRadiography.

손 순 룡(Soon-Yong Son)

[정회원]



- 1999년 2월 : 단국대학교 보건행정학과 (보건행정학석사)
- 2013년 8월 : 한양대학교 보건학과 (보건학박사)
- 1990년 6월 ~ 현재 : 서울아산병원 영상의학과

<관심분야>

방사선영상학, 디지털영상학, 보건행정학, 보건학

최 관 우(Kwan-Woo Choi)

[정회원]



- 2010년 7월 : 고려대학교 의용과학대학원 의료영상공학과 (공학석사)
- 2001년 2월 ~ 현재 : 서울아산병원 영상의학과

<관심분야>

방사선영상학, 디지털영상학, 의용영상공학

민 정 환(Jung-Whan Min)

[정회원]



- 2005년 2월 : 고려대학교 의용과학대학원 (의공학석사)
- 2013년 2월 : 가톨릭대학교 의학물리공학 (이학박사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 신구대학교 방사선과 조교수

<관심분야>

디지털영상처리, 의학물리

손 진 현(Jin-Hyun Son)

[정회원]



- 2004년 8월 : 고려대학교 의용과학대학원 (공학석사)
- 2010년 2월 : 충남대학교 의공학 (수료)
- 2009년 9월 ~ 현재 : 신구대학교 방사선과 조교수

<관심분야>

방사선계측학, 방사선기기학, 방사선영상학

김 기 원(Won-Ki Kim)

[정회원]



- 2012년 2월 : 신구대학교 방사선학과 (방사선학)
- 2013년 2월 ~ 현재 : 삼성서울병원 영상의학과

<관심분야>

방사선영상학, 디지털영상학, 의용영상공학

정 재 흥(Jae-Hong Jung)

[정회원]



- 2012년 9월 : 가톨릭대학교 의물리공학 (이학석사)
- 2013년 2월 ~ 현재 : 가톨릭대학교 의물리공학 (박사과정)
- 2003년 3월 ~ 현재 : 부천순천향병원 영상의학과

<관심분야>
방사선치료, 의학물리

정 회 원(Hoi-Woun Jeong)

[정회원]



- 2004년 8월 : 고려대학교 의용과학대학원 (이학석사)
- 2013년 2월 : 히로시마국제대학교 의료공학 (이학박사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 백석문화대학교 방사선과 조교수

<관심분야>
방사선영상학, 디지털영상학, 의용영상공학