

## Evaluation of Clinical Availability for Shoulder Forced Traction Method to Minimize the Beam Hardening Artifact in Cervical-spine Computed Tomography (CT)

Moonjeung Kim\*, Wonjin Cho\*, Suyeon Kang\*, Wonseok Lee\*, Jinwoo Park\*, Yunsik Yu\*, Inchul Im\*, Jaeseung Lee\*, Hyeonjin Kim\*\*, Byungjoon Kwak\*\*\*

*Department of Radiological Science, Dongeui University\*, Department of Radiology, Good Samsun Hospital\*\*,  
Department of Public Health, Daegu Hanny University\*\*\**

## 경추부 전산화단층촬영에서 신속 경화 인공물을 최소화하기 위한 견부 강제 견인법에 대한 임상적 유용성 평가

김문정\*, 조원진\*, 강수연\*, 이원석\*, 박진우\*, 유윤식\*, 임인철\*, 이재승\*, 김현진\*\*, 곽병준\*\*\*

동의대학교 방사선학과\*, 좋은삼선병원 영상의학과\*\*, 대구한의대학교 보건학부\*\*\*

### Abstract

In study suggested clinical availability to shoulder forced traction method in term of quality of image, the patient's convenience and stability, according to whether to use of shoulder forced traction bend using computed tomography(CT) that X-ray calibration and various mathematic calibration algorithm application can be applied by AEC. To achieve this, 79 patients is complaining of cervical pain oriented that shoulder forced traction bend use the before and after acquires lateral projection scout image and transverse image. transverse image of a fixed size in concern field of pixel and figure the average HU value compare that quantitative analysis. Artifact and pixel and resolution to qualitative clinical estimation image analysis. the patient feel inconvenience degree that self-diagnosis survey that estimate. As a result, lateral projection scout image if you used shoulder forced traction bend for the depicted has been an increase in the number of a cervical vertebrae. transverse image concern field shoulder forced traction bend use the before and after for pixel and the average HU-value changes was judged to be almost irrelevant. Artifact and resolution and contrast, in qualitative analysis of the results relating the observer to the unusual result. So, the patients of 82.27% complained discomfort that use of shoulder forced traction bend in self-diagnosis survey. No merit of medical image by using of bend from result was analyzed quality of image to quantitative and qualitative method judged. Nowadays, CT is supplied possible revision of quality of radiation by reduction of slice and automatic exposure controller, etc and application of preconditioning filter process due to various mathematic revision algorithm. So, image noise by beam hardening artifact should not be a problem. shoulder forced traction bend of use no longer judged clinically availability because have not influence of image quality and give discomfort, have extra dangerousness.

Key Words : Shoulder force traction method, Beam hardening artifact, Cervical pain, Computed tomography (CT)

## 요약

본 연구는 최근 자동노출제어장치에 의한 X선질 보정 및 다양한 수학적 보정 알고리즘 적용이 가능한 전산화단층촬영 영 장치를 이용하여 견부 강제 견인용 밴드의 사용 유·무에 따라 영상의 질과 환자의 편의성 및 안정성 측면에서 견부 강제 견인법에 대한 임상적 유용성을 제시하고자 하였다. 이를 위하여 견부 통증을 호소하는 환자 79명을 대상으로 견부 강제 견인용 밴드를 사용하기 전·후의 측면 투영 scout 영상과 횡단면 영상을 획득하여 횡단면 영상의 일정 크기의 관심영역 내의 화소 및 평균 HU 값을 비교하여 정량적 분석을 하였고 인공물과 해상도 및 분해능에 대한 임상 영상 평가를 정성적으로 분석하였으며 환자가 느끼는 불편 정도를 자가 진단 설문 평가하였다. 결과적으로 측면 투영 scout 영상에서 견부 강제 견인용 밴드를 사용한 경우 묘출되는 경추의 수가 증가되었으나 횡단면 영상의 관심영역 내에서 견부 강제 견인용 밴드를 사용하기 전·후에 대한 화소 및 평균 HU 값의 변화는 거의 없는 것으로 판단되었으며 인공물과 해상도 및 대조도와 관련된 정성적 분석 결과에서 관찰자간 특이한 결과는 보이지 않았다. 따라서 견부 강제 견인용 밴드의 사용에 대한 자가 진단 설문 평가에서 환자의 82.27%는 불편함을 호소하였으며 정량적 및 정성적으로 영상의 질을 분석한 결과에서 사용에 따른 영상의학적 이점은 없는 것으로 판단되었다. 최근 다양한 수학적 보정 알고리즘에 의한 전처리 필터 과정의 적용과 더불어 절편 두께의 감소 및 자동노출제어장치 등에 의한 선질 보정 등이 가능한 전산화단층촬영 장치가 보급되면서 선속 경화에 의한 영상의 잡음은 문제가 되지 않을 것으로 판단되어 영상의 질에 영향을 주지 않으면서 환자에게 불편함을 주거나 추가적 위험성이 있는 견부 강제 견인용 밴드의 사용은 더 이상 임상적 유용성이 없는 것으로 판단되었다.

중심단어: 견부 강제 견인법, 선속 경화 인공물, 견부 통증, 전산화단층촬영

## I. 서론

최근 현대인들은 컴퓨터 관련 기기 및 휴대용 미디어 기기의 이용이 급증하면서 잘못된 생활습관이나 반복적인 컴퓨터 단순 작업 등에 기인된 근육 긴장과 이로 인한 신경 압박으로 견부 통증이 증가하고 있다. 견부 통증은 전체 성인의 9% 내지 18%가 견부 통증을 호소하고 있으며 특히 작업장에서 일하는 육체 근로자와 고령군에서 유발률이 높은 것으로 보고되고 있다<sup>[1,2]</sup>. 견부 통증의 원인은 매우 다양하며 그 원인에 따라 기계적 통증과 염증성 통증, 근육인성 통증 및 기타 비특이성 통증으로 구분하거나 중증도와 빈도에 따라 분류하기도 한다<sup>[3]</sup>. 이러한 견부 통증을 진단하는 방법은 병력 청취, 이학적 검사, 신경학적 검사, 유발 검사, 영상의학적 검사법을 시행하고 있으며 영상의학적 검사는 일반 X선 검사 및 전산화단층촬영 (computed tomography. CT), 자기공명영상(magnetic resonance image. MRI) 등을 이용하고 있다<sup>[4]</sup>.

CT는 골 구조물 병변을 확인할 때 가장 유용한 검

사로 MRI에 비하여 근육 및 신경 등의 연부 조직에 대한 진단적 정보가 제한적이나 최근 3차원 재구성 영상이나 다중 검출기 CT(multi-detector CT. MDCT) 등의 새로운 기술들이 보급되면서 우수한 해상력과 분해능, 검사 및 영상 처리 시간의 단축, 다양한 방향으로 원하는 영상을 재구성할 수 있다는 이점 때문에 임상적으로 유용한 진단 방법이라 할 수 있다<sup>[5]</sup>. 그러나 CT는 환자 또는 장비, 시술자에 따라 검사 목적과는 관계없는 인공물(artifact)이 발생되어 영상의 재구성을 교란하거나 방해함으로써 영상의 질 뿐 만 아니라 미세 부분의 관찰 능력을 감소시킨다. 특히 경추 CT 검사에서 상·하부 경추의 해부학적 구조 때문에 광자가 흡수체를 통과할 때 흡수체의 여과작용으로 평균에너지가 증가되어 선 감약계수(linear attenuation coefficient)가 변화되는 선속 경화 효과(beam hardening effect)에 기인된 영상의 잡음(noise)이 발생하여 영상의 질을 저하시킬 수 있다<sup>[6]</sup>. 영상의 잡음은 조직 내 동일한 물질에 주사한 영상에서 영상을 구성하는 화소와 화소(pixel by pixel) 간의 CT number가 동일하지 않고 분산된 형태로 나타나는데 이 분산되는 값을 표준편차로 표시하는

것으로 일반적으로 흡수체의 두께가 4cm 내지 8cm 증가될 때 영상의 잡음은 약 2배로 증가된다<sup>[7]</sup>. 경추 CT 검사에서 이러한 선속 경화 효과에 기인된 영상의 잡음을 개선할 목적으로 일부 의료기관은 밴드를 이용하여 하부 경추와 견부의 중첩을 감소시키기 위한 견부 강제 견인법(shoulder forced traction method)을 부분적으로 사용하고 있다<sup>[8]</sup>. 그러나 견부 강제 견인법은 하부 경추와 견부의 겹침을 최소화시켜 선속 경화 효과를 감소시킬 수 있으나 견부 통증을 호소하는 환자들에게 또 다른 고통을 부가하거나 질환의 진행을 가중할 수 있기 때문에 제한적으로 사용되고 있으며 최근 과학기술의 발전과 더불어 다양한 수학적 보정 알고리즘이 소개되면서 영상의 잡음에 의한 인공물이 감소하고 있기 때문에 경추 CT 검사에서 견부 강제 견인법의 사용은 환자의 편의성 및 안전성을 충분히 고려되어야 할 것이다.

따라서 본 연구는 경추 CT 검사에서 자동 노출 제어 장치(automatic exposure control, AEC)를 사용하고 DAS(data acquisition system)로부터 IPU(image processing unit)에 들어오는 데이터에서 선속 경화 현상에 의한 영상의 잡음을 제거하는 전처리(pre-processing) 과정에 대한 수학적 보정 알고리즘을 적용하였을 때 밴드를 이용한 견부 강제 견인법과 견부를 강제 견인하지 않은 방법에 대한 영상의 질을 정량적 및 정성적 방법으로 분석하고자 하였으며 영상의 질과 환자의 편의성 측면에서 견부 강제 견인법에 대한 임상적 유용성을 제시하고자 하였다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 실험 장비 및 검사 방법

본 연구는 2012년 03월부터 09월까지 부산소재 일개 의료기관을 내원한 환자 중 경부 염좌(cervical sprain), 경추 후관절 증후군(Facet joint syndrome), 경추부 신경근병증(radikulopathy) 등 일반적인 견부 통증을 호소하여 경추 CT 검사를 의뢰받은 환자 79명을 대상으로 하였으며 증상이 심각하거나 교통사고에 의한 견부 통증의 경우는 제외하였다. 여기서 견부 염좌는 외상이나 자세 이상 등으로 견부의 인대나 힘줄 등의

연부 조직 손상으로 통증이 발생한 경우를 말하며 경추 후관절 증후군은 경추 후관절에 퇴행성 관절 이상을 보이는 진행성 질환이다. 또한 경추부 신경근병증은 추간판 탈출증이나 퇴행성 척추증, 후관절 증후군으로 인해 신경근에 병변이 생긴 경우를 의미한다<sup>[9]</sup>.

본 연구를 위하여 별도의 견부 강제 견인용 밴드를 제작하였으며 양쪽 팔목을 끼워 잡아당길 수 있는 구조와 벨크로를 부착하여 환자의 키와 특성에 맞도록 조절이 가능하도록 하였다(그림 1). 경추 CT 검사를 위하여 환자는 바로 누운 자세(supine position)를 취하게 하였으며 첫 번째 스캔에서 견부는 인위적으로 당김 없이 편안한 자세로 내리도록 하였고 두 번째 스캔에서 제작된 밴드를 이용하여 견부가 최대한 아래쪽으로 당겨질 수 있도록 하였다. 영상의 정량적 및 정성적 분석을 위하여 측면 투영 scout 영상과 횡단면 영상(axial image)을 획득하였다(그림 2).

이 때 사용된 CT(Optima CT 660, GE, USA)는 새롭게 도입된 최첨단 저선량 128 slice MDCT로서 우수한 성능과 0.625mm 까지 구별 할 수 있는 최상의 영상 화질을 가지고 기존 CT 대비 방사선 피폭량을 50% 이상 저감할 수 있는 장비로서 본 연구에 사용된 노출 조건은 표 1에 나열하였으며 선속 경화 현상에 의한 영상의 잡음을 최소화하기 위하여 자동 노출 제어 장치를 사용하였다.

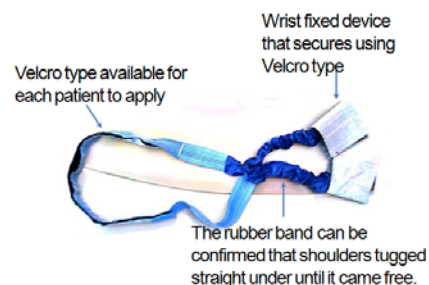


Fig. 1. Self-production shoulder forced traction bend.

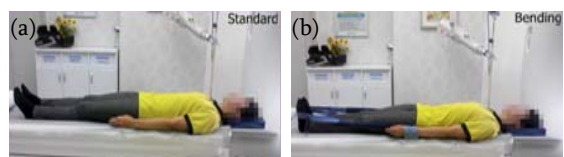


Fig. 2. Setting up the supine position using shoulder forced traction bend. (a) without bend, and (b) with bend.

Table 1. Exposure and scan conditions base on the C-spine CT examination.

Scan images	Tube		Helical type		SFOV	Recon type	Window	
	Vol. (kV)	Curr. (mA)	Thick. (mm)	Int. (mm)			Wid.	Lev.
Scout	120	10					500	50
Axial	120	Auto	0.625	0.625	Small	Stand.	320	40

Vol. and Curr.: tube voltage and current, Thick. and Int.: helical thickness and interval, SFOV; scan field of view, Wid. and Lev.: window width and level, Stand.: recon type of standard.

## 2. 자가 설문 평가

경추 CT 검사를 시행한 만 20세 이상의 성인 환자를 대상으로 견부 강제 견인용 밴드 사용에 대한 불편 정도를 자가 진단 설문 평가지에 평가하도록 하였으며 대상자들에게 연구 목적과 절차에 대해 설명하고 설문조사 참여를 동의로 간주하였다. 자가 진단 설문 평가에 의한 점수는 총 5점 척도로서 『매우 불편함, 불편함, 보통, 편안함, 매우 편안함』으로 구분하여 정성적인 분석을 하였다(표 2).

Table 2. Self-reported for using the shoulder traction bend.

성명	성별	연령	평가항목				
			매우 불편함	불편함	보통	편안함	매우 편안함
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 3. 영상의 정량적 분석 방법

선속 경화에 의한 인공물은 선 흡수계수의 측정 오류에 의해 발생하는 물리적인 요인으로써 다색 X선(multichromatic X-ray)이 흡수체를 통과할 때 흡수체에 의해 저에너지 X선이 흡수되어 평균에너지가 증가되고 선 감약계수가 변화되어 나타난다<sup>[6]</sup>. 일반적으로 조영제나 뼈 부위의 고밀도 부분에서 광범위한 줄무늬(broad streaks) 현상을 나타내거나 영상의 중앙부가 어둡고 주변부가 밝게 나타나는 cupping 현상이 주로 일어난다<sup>[10]</sup>. 특히 경추 CT 검사에서 견부의 겹침에

의해 인공물은 두 현상의 복합적 결과로서 가로 줄무늬 형태의 인공물이 영상에 노출된다.

따라서 영상의 정량적 분석 방법으로 측면 투영 scout 영상에서 노출할 수 있는 최대 경추를 측정하였으며 선속 경화에 의한 인공물이 비교적 많은 경추 5번부터 7번까지 횡단면 영상에서 조직의 밀도가 균일한 경추 주변 근육과 경추 내 척수관(spinal cord)에 일정 크기의 관심 영역(region of image. ROI)을 설정하여 해당 ROI 내 모든 화소(pixel)에 대한 최대값 및 최소값, 평균 및 표준 편차를 각각 구하고 설정된 ROI 내 선속 경화에 의한 선 감약계수의 변화를 측정하기 위하여 평균HU(Hounsfield unit) 값을 각각 구하였다(그림 3). 이 때 설정된 ROI의 면적은 경추 주변 근육의 경우 168.53mm<sup>2</sup>, 경추 내 척수관의 경우 28.61mm<sup>2</sup> 이었다. ROI 내 모든 화소 및 HU 값의 평균값은 대응표본 T검정(SPSS ver.18.0)을 이용하였으며 95% 신뢰구간에 대한 유의 수준은 p 값이 0.05 미만으로 하였다.

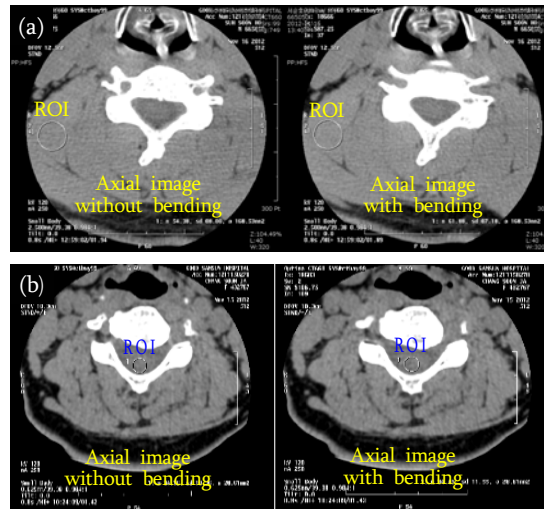


Fig. 3. Setting up the ROI (region of image) for quantitative analysis in axial images. (a) muscle, and (b) spinal cord.

## 4. 영상의 정성적 분석 방법

영상의 정성적 분석 방법으로 CT 분야 임상 영상 평가지의 영상 정보 항목을 참조하여 별도의 경추 영상 평가표를 작성하였으며 영상의 인공물과 해상도 및 대조도 부분만을 평가하였다(표 3). 영상의학과 전문의 2명과 전공의 2명이 평가하였으며 평가표에 의

한 점수는 각 문항당 5점 척도로서 『매우 좋음, 좋음, 보통, 나쁨, 매우 나쁨』으로 구분하였으며 각 항목의 총점은 20점으로 하였다.

또한 정성적 평가의 정확도를 위해 관독용 모니터 및 영상의 묘출 조건은 동일 조건으로 하였고 본 연구와 관련된 내용은 암시하지 않았다. 통계 방법(SPSS ver.18.0)으로 비모수적 검정(Wilcoxon signed rank test)을 이용하였으며 p 값이 0.05 미만일 때 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 하였다.

Table 3. The clinical image evaluation table (C-spine)

임상 영상 평가표 (경추)				
평가항목	평가내용	기준점수		총점
		Pre	Post	Pre Post
인공물	1. 환자의 움직임에 의한 인공물	5점 척도		각 20점
	2. 선속경화에 의한 인공물			
	3. 환형 인공물			
	4. 그 외의 인공물			
해상도 및 대조도	1. 근육과 지방 상태의 명확성	5점 척도		각 20점
	2. 척수관의 상태와 명확성			
	3. 감상선 실질은 균질하며 결절은 5점 척도			
	4. 조직 경계의 명확성			

Pre and Post: cervical CT axial images with and without bending.

### III. 결과

#### 1. 자가 설문 평가 결과

경부 통증을 호소하여 경추 CT 검사를 의뢰받은 환자 79명을 대상으로 견부 강제 견인용 밴드 사용에 대한 불편 정도를 자가 진단 설문으로 정성적 분석한 결과 매우 불편하다고 응답한 환자는 23명(29.11%), 불편하다고 응답한 환자는 42명(53.16%), 보통이라고 응답한 환자는 14명(17.72), 편하거나 매우 편하다고 응답한 환자는 보이지 않았다. 견부 강제 견인용 밴드에 대하여 환자의 82.27%는 경부 CT 검사에서 불편하다는 의견을 제시하였다.

#### 2. 영상의 정량적 분석 결과

영상의 정량적 분석에서 측면 투영 scout 영상을 비교한 결과 밴드를 사용하지 않은 경추 CT 검사에서

평균 5번 경추의 추간판(intervertebral disc)까지 관찰할 수 있었으며 밴드를 사용한 경우 평균 7번 경추 하단면까지 관찰할 수 있었다.

또한 견부 강제 견인용 밴드의 사용에 따라 사용 전과 후의 개선된 차이를 관찰할 수 없는 환자는 25%, 경추의 중간 정도 개선된 환자는 34%, 경추 하나 정도 개선된 환자는 24%, 경추 하나 반 정도 개선된 환자는 17%로 견부 강제 견인용 밴드를 사용하였을 때 환자의 75%는 묘출되는 경추의 범위가 개선되었다(그림 4).

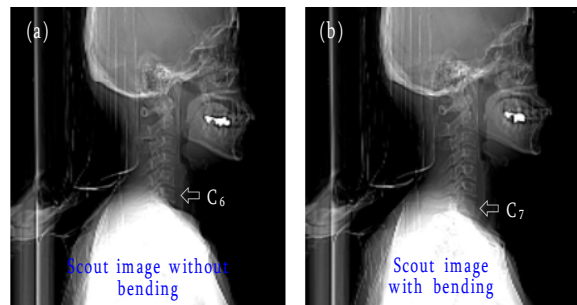


Fig. 4. Quantitative analysis in scout images. (a) without bending, and (b) with bending.

표 4는 견부 강제 견인용 밴드의 사용 유·무에 따른 6번 경추 횡단면 영상에서 정량적 분석을 위한 ROI 내 화소 및 HU 값의 결과를 보여준다. 견부 강제 견인용 밴드를 사용하지 않았을 때 경추 주변 근육에서 측정된 ROI 내 평균 화소값과 표준편차는 57.11±9.08, 평균 HU 값은 66 이었으며 경추 내 척수관의 경우 ROI 내 평균 화소값과 표준편차는 35.53±8.99, 평균 HU 값은 63 이었다. 또한 견부 강제 견인용 밴드를 사용하였을 때 경추 주변 근육에서 측정된 ROI 내 평균 화소값과 표준편차는 57.32±9.16, 평균 HU 값은 65 이었으며 경추 내 척수관의 경우 ROI 내 평균 화소값과 표준편차는 35.28±8.19, 평균 HU 값은 64 이었다.

따라서 경추 CT 검사를 시행하는 동안 자동 노출 제어 장치를 사용하고 수학적 보정 알고리즘을 적용하였을 때 견부 강제 견인용 밴드의 사용과 관계없이 선속 경화에 의한 인공물에 의한 화소의 변화나 X선질에 대한 HU 값의 변화는 크게 변화되지 않았으며 견부 강제 견인용 밴드의 사용에 따른 통계적 분석 결과 p 값이 0.05 미만으로 유의한 차이를 얻을 수 있었다.

Table 4. Results of pixel and HU values in the ROI for quantitative analysis in axial images of the 6th cervical-spine.

Values	Pixel				HU			
	Muscles		Spinal cord		Muscles		Spinal cord	
	W	WO	W	WO	W	WO	W	WO
Min.	49.34	49.77	30.94	31.71	51	57	53	51
Max.	64.12	65.29	46.42	49.46	83	82	74	69
Average	57.11	57.32	35.53	35.28	66	65	63	64
SD	9.08	9.16	8.99	8.19	3.47	4.26	2.86	1.97
*p-value	0.023	0.018	0.014	0.019	0.009	0.016	0.024	0.018

W and WO: with and without bending, SD: standard deviation, Area of ROI were measured that muscles around the cervical spine was 168.53 mm<sup>2</sup> and spinal cord was 28.61 mm<sup>2</sup>. p-value was less than 0.05.

### 3. 영상의 정성적 분석 결과

영상의 정성적 분석을 위하여 경추 횡단면 영상에서 견부 강제 견인용 밴드의 사용에 따른 영상의 인공물과 해상도 및 대조도와 관련된 항목만을 평가 하였다. 표 5는 각 문항당 5점 척도를 기준으로 4개 문항에 대한 각 항목의 총점을 20점으로 평가한 결과를 보여준다. 인공물에 대한 4명의 관찰자 평균값은 견부 강제 견인용 밴드를 사용하지 않은 경우 19.14±0.38, 밴드를 사용한 경우 19.17±0.43 이었으며 해상도 및 대조도의 평균값은 견부 강제 견인용 밴드를 사용하지 않은 경우 15.14±0.72, 밴드를 사용한 경우 15.29±0.58 이었다.

Table 5. Results of evaluation by the clinical image evaluation table.

Items	Observer *				Avg.	SD	p
	1	2	3	4			
Without bending							
Artifact	19.32	18.92	19.00	19.32	19.14	0.38	0.038
Res. & cont.	14.88	15.40	14.52	15.76	15.14	0.72	0.042
With bending							
Artifact	19.16	19.36	18.64	19.52	19.17	0.43	0.027
Res. & cont.	15.64	14.76	15.28	15.48	15.29	0.58	0.033

\* The average of clinical image evaluation values with 79 patients. Res. & cont.: resolution and contrast, Avg.: average, SD: standard deviation. p-value was less than 0.05.

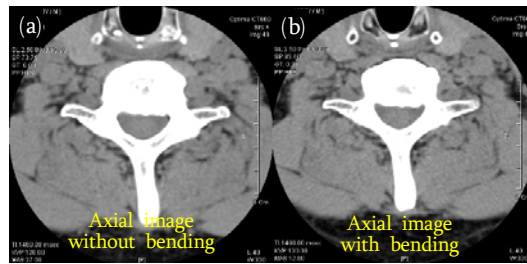


Fig. 5. Qualitative analysis in axial images. (a) without bending, and (b) with bending.

따라서 경추 CT 검사에서 견부 강제 견인용 밴드의 사용 여부를 인지하지 않은 상태에서 4명의 관찰자는 두 영상에 대한 질적 평가는 크게 변화되지 않았음을 알 수 있었으며 관찰자에 따른 영상의 정성적 평가의 통계적 분석 결과 p 값이 0.05 미만으로 유의한 차이를 보였다(그림 5).

### IV. 고찰 및 결론

경부 통증은 정적이거나 매우 반복적으로 근육에 부하가 걸리는 직업군에서 경부와 견부 주변에 통증이 유발된다. 일반적으로 전체 인구의 67%가 일생에 한 번 이상은 경부 통증을 경험하게 되며 만성질환으로 발전한 경우 삶의 질에 심각한 문제를 초래할 수 있다<sup>[11]</sup>. 이러한 경부 통증을 진단하기 위한 영상의학적 검사 방법으로 전산화단층촬영(CT) 기술이 보편적으로 이용되고 있으나 경추 CT 검사의 경우 상·하부 경추의 두께차이 때문에 선속 경화에 의한 인공물이 영상에서 어둡고 광범위한 띠(broad dark bands) 또는 가로 줄무늬(streak) 형태로써 영상의 질을 저하시킬 수 있다. 일부 의료기관에서 이를 개선할 목적으로 견부 강제 견인법을 부분적으로 사용하고 있으나 경부 통증을 호소하는 환자들에게 또 다른 고통을 부가하거나 질환의 진행을 가속할 수 있기 때문에 제한적으로 사용되고 있다<sup>[8]</sup>. 따라서 본 연구는 최근 과학 기술의 발전과 더불어 다양한 수학적 보정 알고리즘 적용이 가능한 다중 검출기 CT를 이용하여 견부 강제 견인용 밴드의 사용 유·무에 따라 영상의 질과 환자의 편의성 및 안정성 측면에서 견부 강제 견인법에 대한 임상적 유용성을 제시하고자 하였다.

본 연구를 위하여 경부 통증을 호소하는 환자 79명



을 대상으로 경추 CT 검사에서 견부 강제 견인용 밴드를 적용한 경우와 적용하지 않은 경우에 대한 측면 투영 scout 영상과 횡단면 영상을 획득하였다. 영상의 정량적 평가를 위하여 선속 경화에 의한 영상의 잡음에 영향을 받는 부분에 일정 크기의 관심영역(ROI)을 설정하여 화소값 및 평균 HU 값을 비교하였으며 영상의 정성적 평가를 위하여 인공물과 해상도 및 분해능에 대한 임상 영상 평가표를 작성하여 4명의 관찰자가 분석하도록 하였다. 또한 견부 강제 견인용 밴드에 대한 환자의 불편 정도를 자가 진단 설문 평가지에 평가하도록 하였다.

영상의 질을 정량적으로 분석한 결과 측면 투영 scout 영상에서 견부 강제 견인용 밴드를 사용하였을 때 환자의 약 75% 정도에서 관찰할 수 있는 경추의 수가 증가되었다. 그러나 횡단면 영상에서 경추 주변 근육 및 척수관에 설정한 ROI 내 화소값 및 평균 HU 값의 변화는 견부 강제 견인용 밴드의 사용 전과 후의 차이가 거의 없었으며 경추와 견부의 두께 차이를 자동 노출 제어 장치에 의한 선질 보정 및 선속 경화 현상에 의한 영상의 잡음을 제거하는 전처리 과정에 대한 수학적 보정 알고리즘을 적용함으로써 인공물에 의한 영상의 잡음이나 X선에 대한 선 흡수계수의 변화가 거의 없는 것으로 판단되었다(표 4). 이와 관련하여 O'Sullivan 등<sup>[12]</sup>은 다발성 광자 스펙트럼 및 선속 확산에 대한 최소화 알고리즘을 소개하면서 목적 함수를 반복 처리하는 과정에서 영상의 재구성을 극대화 할 수 있다고 하였다. 또한 Maltz 등<sup>[13]</sup>은 분산 커널 중첩(scatter kernel superposition, SKS)에 의한 전산 모사 방법을 제안하면서 반복적인 수학적 알고리즘을 적용할 때 영상의 잡음이 평균 76% 감소한다고 보고하고 있어 본 연구와도 일치하였다.

견부 강제 견인용 밴드의 사용에 따른 영상의 인공물과 해상도 및 대조도와 관련된 항목만을 평가한 정성적 분석 결과에서 각 항목에 대한 20점 기준으로 사용 전·후에 대한 4명의 관찰자 평균값은 인공물 항목에서 19.14±0.38점과 19.17±0.43점이었으며 해상도 및 대조도 항목에서 15.14±0.72점과 15.29±0.58점으로 영상에 대한 관독 특이점이 관찰되지 않았다(표 5). 이와 관련하여 Kim 등은 경추 CT 검사에서 밴드 사용에 따른 영상의 질 향상에 대한 유용성 연구에서 밴드를 이

용했을 때가 이용하지 않았을 때 보다 경추와 견부의 겹침을 최소화시켜 선속 경화에 의한 인공물을 줄일 수 있었고 영상의 질이 향상되었음을 보고하였으나<sup>[14]</sup> 그들의 연구는 정성적인 분석 결과만을 근거하여 제시한 기준이었으며 정량적 및 정성적 분석 결과를 토대로 비교한 본 연구와는 상반되었다.

결론적으로 견부 강제 견인용 밴드에 대하여 자가 진단 설문 평가에서 환자의 82.27%는 불편함을 호소하였으며 정량적 및 정성적으로 영상의 질을 분석한 결과에서 사용에 따른 영상의학적 이점은 없는 것으로 판단되었다. 최근 다양한 수학적 보정 알고리즘에 의한 전처리 필터 과정의 적용과 더불어 절편 두께(slice thickness)의 감소 및 자동 노출 제어 장치 등에 의한 선질 보정 등이 가능한 다중 검출기 CT가 보급되면서 선속 경화에 의한 영상의 잡음은 기술적으로 큰 문제가 되지 않을 것으로 판단되며 영상의 질에 영향을 주지 않으면서 환자에게 불편함을 주거나 또는 추가적 위험성이 있는 밴드의 사용은 더 이상 유용성이 없는 것으로 판단하였다.

## 참고문헌

- [1] J. S. Lawrence, "Disc degeneration. Its frequency and relationship to symptoms", *Ann. Rheum. Dis.*, Vol.28, No.2, pp.121-138, 1969.
- [2] C. J. Durall, "Therapeutic exercise for athletes with nonspecific neck pain: a current concepts review", *Sports Health.*, Vol.4, No.4, pp.293-301, 2012.
- [3] N. Bogduk, "The anatomy and pathophysiology of neck pain", *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.*, Vol.22, No.3, pp.367-382, 2011.
- [4] N. Bogduk, "Neck pain", *Aust. Fam. Physician*, Vol.13, No.1, pp.26-30, 1984.
- [5] T. C. Lim, M. L. Chua, G. S. Chia, et. al., "Comparison of MRI, CT and 18F-FDG-PET/CT for the detection of intracranial disease extension in nasopharyngeal carcinoma", *Head. Neck. Oncol.*, Vol.4, No.2, pp.49, 2012.
- [6] M. Chabior, T. Donath, C. David, et. al., "Beam hardening effects in grating-based x-ray phase-contrast imaging", *Med. Phys.*, Vol.38, No.3, pp.1189-1195, 2011.
- [7] M. Tachibana, E. Kinoshita, K. Hirata, et. al., "Study of improvement in X-ray computed tomography images with a

- radiation treatment planning system: image noise and slice thickness", *Nihon. Hoshasen. Gijutsu. Gakkai Zasshi.*, Vol.60, No.4, pp.507-512, 2004.
- [8] P. J. Pan, P. H. Tsai, C. C. Tsai, et. al., "Clinical response and autonomic modulation as seen in heart rate variability in mechanical intermittent cervical traction: a pilot study", *J. Rehabil. Med.*, Vol.44, No.3, pp.229-234, 2012.
- [9] P. Schöps, M. Pflingsten, U. Siebert, et. al., "Reliability of manual medical examination techniques of the cervical spine. Study of quality assurance in manual diagnosis", *Z. Orthop. Ihre. Grenzgeb.*, Vol.138, No.1, pp.2-7, 2000.
- [10] H. Peter, M. Mans, "Correction for beam hardening artefacts in computerised tomography", *J. Xray Sci. Technol.*, Vol.8, No.1, pp.75-93, 1998.
- [11] W. T. Wang, S. L. Olson, A. H. Campbell, et. al., "Effectiveness of physical therapy for patients with neck pain: an individualized approach using a clinical decision-making algorithm", *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, Vol.82, No.3, pp.203-218, 2003.
- [12] J. A. O'Sullivan, J. Benac, "Alternating minimization algorithms for transmission tomography", *IEEE. Trans. Med. Imaging*, Vol.26, No.3, pp.283-297, 2007.
- [13] J. S. Maltz, B. Gangadharan, S. Bose, et. al., "Algorithm for X-ray scatter, beam-hardening, and beam profile correction in diagnostic (kilovoltage) and treatment (megavoltage) cone beam CT", *IEEE. Trans. Med. Imaging*, Vol.27, No.12, pp.1791-1810, 2008.
- [14] S. G. Kim, G. Y. Lee, C. Y. Ko, et. al., "Availability for Improvement of the Image Quality using Bending in the C-spine CT", 45st. The Annual Meeting of Korean Radiological Technologists Association, 2010.