

쇄골 골절의 해부학적 유합 후 저 방사선량 3차원 견갑부 전산화단층촬영술을 통한 견갑골 운동장애 평가

인제대학교 서울백병원 정형외과학교실¹, 한림대학교 춘천성심병원 정형외과학교실²,
인제대학교 상계백병원 영상의학과교실³

김윤석¹ · 김정곤¹ · 황정택² · 심재찬³ · 장석환¹

Scapular Dyskinesia Assessment with Low Dose Three-Dimensional Wing Computer Tomography after Anatomical Union of Clavicle Fracture

Yoon-Seok Kim¹, Jung-Gon Kim¹, Jung-Taek Hwang², Jae Chan Shim³, Suk-Hwan Jang¹

¹Department of Orthopedic Surgery, Inje University Seoul Paik Hospital, Seoul, ²Department of Orthopedic Surgery, Chuncheon Sacred Heart Hospital, Hallym University College of Medicine, Chuncheon, ³Department of Radiology, Inje University Sanggye Paik Hospital, Seoul, Korea

Purpose: Malunions after clavicle fractures are generally considered to cause scapular dyskinesia. This study aims to verify the incidence of scapular dyskinesia following anatomically reduced clavicle fracture and to verify the usefulness of low-dose three-dimensional (3D) scapular wing computed tomography (3D-scapula wing-CT) analysis.

Methods: Twenty-four patients with mid-clavicle fracture and four patients with distal clavicle fracture were recruited. After anatomical reduction and bony union, scapular dyskinesia was assessed by history taking and physical examination by two orthopedic doctors. The mean follow-up period for the assessment was 14.3±10.1 months. Low-dose 3D-scapular wing-CT analysis in prone position was performed with calculated effective dose 2.35 mSv, which means approximately 25% dose of conventional setting. Four observers evaluated five angles (upward rotation, internal rotation, anterior tilting, superior translation, protraction) from 3D-reconstructed images on both shoulders of a patient. Authors analyzed the results between injured to normal shoulder.

Results: Scapular dyskinesia or significant shortening of injured clavicle (mean clavicle length difference, -1.77±6.36 mm) were not observed among the included 28 subjects. The difference values of the five angles between the fractured side and normal side showed no statistical significance (upward rotation: 1.51, p=0.13; superior translation: 0.89, p=0.327; anterior tilting: 1.7, p=0.096; protraction: 0.83, p=0.374; internal rotation: 0.98, p=0.406). As the interclass correlation coefficients of four observers was 0.988 (p=0.00), images from low-dose 3D-wing-CT are clear enough to assess scapular dyskinesia (interclass correlation coefficient, 0.996; p=0.00).

Conclusion: It is important to make anatomical reduction and length restoration of clavicle fracture for preventing scapular dyskinesia. Low-dose 3D-scapular wing-CT is an effective tool for assessing scapular dyskinesia, which provides images of sufficient quality with little increase in morbidity from radiation hazard.

Keywords: Clavicle fracture, Radiation dosage, Scapular dyskinesia, Three-dimensional computed tomography

Received: September 18, 2019 Revised: September 27, 2019 Accepted: October 13, 2019

Correspondence: Suk-Hwan Jang

Department of Orthopedic Surgery, Inje University Seoul Paik Hospital, 9 Mareunnae-ro, Jung-gu, Seoul 04551, Korea

Tel: +82-2-2270-0028, Fax: +82-2-2270-0023, E-mail: jsh@paik.ac.kr

Copyright ©2019 The Korean Society of Sports Medicine

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

쇄골골절은 성인 골절의 2.6%~4%, 견관절 주위 부상의 35%를 차지하는 비교적 흔히 접할 수 있는 손상이다¹⁴. 전위된 쇄골골절은 적절한 수술적 치료를 하지 않을 경우 결국 몇 가지 합병증을 남길 수 있다¹⁵. 그 중 쇄골골절의 불유합과 부정유합은 쇄골의 지주적 기능을 변화시킴으로써 견갑골 운동이상증(scapular dyskinesia)의 주요원인으로 간주된다^{5,7}.

견갑골 운동이상증은 하나의 질환이라고 정의하기보다는 어깨의 통증 및 이상 상태로 인해 견갑골의 운동 기능이 상실되는 것을 지칭하는 총체적인 용어이다. 예를 들면, 특정 원인에 의한 (1) 견갑골의 내측 경계 돌출, (2) 견갑골 하각 돌출 또는 팔을 올리는 동안의 조기 견갑골 상승 및 (3) 팔을 내리는 동안의 견갑골의 빠른 하향 회전 등이 모두 견갑골 운동이상증으로 말할 수 있다^{8,9}. 쇄골골절 후 발생한 불유합 혹은 부정유합은 견갑골 운동이상증의 병태생리 중 견갑골의 과도한 전인(protraction)을 유발하여 견갑골 안정성을 손상시켜 회전근개의 기능과 견관절 운동범위를 제한한다^{8,9}. 또한 쇄골 골절의 합병증과 관련하여 긴흉부신경(long thoracic nerve) 또는 경추부 신경근(cervical nerve root)의 손상으로 인한 내측 익상견갑골증(medial winged scapula)을 보고한 바 있다^{10,11}. 따라서 불유합 및 부정유합 등으로 인한 상지 합병증을 예방하기 위해 골절된 쇄골의 해부학적 복원은 쇄골 골절의 치료에 있어 중요한 절차로 간주된다¹². 또한 이러한 쇄골의 불유합 및 부정유합으로 인한 견갑골 이상운동증을 진단하기 위한 방법으로 3차원 전산화단층촬영 재건 영상을 통한 측정방법이 소개되어 사용되어 왔는데 이때 노출되는 방사선의 유효선량(effective dose)은 약 10 mSv로 보고되고 있고 따라서 이로 인한 방사선 노출 위해성을 감소시키기 위하여 개선된 영상의학적 검사법이 필요할 것으로 생각한다¹³.

본 연구의 첫 번째 목적은 쇄골 골절이 해부학적으로 정복된 후 3차원 견갑부 전산화단층촬영을 포함한 철저한 병력검사, 신체검사 및 방사선학적 평가를 통해 견갑골 운동이상의 빈도수를 확인하는 것이다. 이 연구의 두 번째 목적은 기존 견갑부 전산화단층촬영의 고 방사선량의 노출 문제의 대안으로 저 방사선량 견갑부 전산화단층촬영을 소개하는 것이다.

연구 방법

1. 연구 설계 및 통계

이 연구는 후향적 사례 일련 연구로 2015년 6월부터 2017년

3월까지 본원 외래 환자 중 쇄골 골절 후 해부학적 정복 및 골유합을 얻은 28명의 환자를 대상으로 하였다. 골절 유형은 AO골절 분류 기준으로 세부 분류로 단순 골절(15.2A) 14명, 췌기형 골절(15.2B) 2명 그리고 다골편성 골절(15.2C)은 8명으로 확인되었다. 쇄골 원위부 골절(15.3) 4명은 모두 관절 외 골절로 15.3A에 포함되었다. 환자들에게 사용한 내고정물은 쇄골 간부 잠김압박금속판(clavicle shaft locking compression plate)이 제조사별로 Synthes (West Chester, PA, USA; n=13), Stryker (Selzach, Switzerland; n=5), 그리고 Acumed (Hillsboro, OR, USA; n=2)가 총 20명의 환자에 사용되었다. 일부 젊은 여성 환자와 다발성 골절 환자에서 절개를 최소화하고 수술 시간을 단축시키기 위하여 Synthes의 TEN (n=4)이 사용되었으며 쇄골 원위부 골절 환자에게는 Synthes의 Hook plate (n=4)가 사용되었다. 주로 사용하는 상지를 침범한 경우가 19례였으며 주로 사용하지 않는 상지를 침범한 경우가 9례였다. 대상자의 평균 연령은 34세(범위, 17-72 세)였고 남성 24례, 여성 4례로 확인되었다. 평균 키는 172 cm (범위, 151-186 cm), 평균 무게는 72 kg (범위, 49-99 kg)였으며 수술 당일부터 computed tomography (CT) 검사일까지 평균 추적 관찰 기간은 15개월(범위, 13-33개월)이었다(Table 1). 이 연구에 참여한 모든 환자는 서면 동의를 작성하였으며, 인제대학교 서울 백병원 임상심사위원회의 승인(IRB No. PAIK201708010) 후 연구를 진행하였다.

2. 관찰 평가

견갑골 운동 이상증의 유무는 1명의 수석 정형외과 의사에 의해 외래에서 평가되고, 입원 후 병동에서 1명의 정형외과 수석 전공의에 의해 철저한 병력 검사 및 신체 검사를 통해 평가되었다. 평가 시기는 환자의 쇄골 골절 유합을 확인 후 금속물 제거술을

Table 1. Demographic data

Variable	Value
Number	28
Affected side	
Dominant	19
Nondominant	9
Age (yr)	17-72 (39±12.7)
Sex distribution	
Male:female	24:4
Height (cm)	151-186 (172±8.0)
Weight (kg)	49-99 (72±12.5)
Follow-up duration (mon)	13-33 (14.3±10.1)

Values are presented as range (mean±standard deviation).

시행하기 전으로 쇄골 수술 후 평균적으로 14.3개월(standard deviation [SD], 10.1) 후 시행하였다. 견관절 기능 평가에서 visual analog scale (VAS) 점수, Constant shoulder score 및 American Shoulder and Elbow Surgeons (ASES) 점수를 확인하였으며 쇄골 골절의 해부학적 정복 여부를 평가하기 위해 양측 쇄골의 전장이 보이도록 촬영한 흉부 X선 검사를 사용하여 환측과 건측의 쇄골 길이를 측정 후 비교하였다¹⁴.

3. Three-dimensional scapula wing-CT 평가

Low-dose three-dimensional (3D)-scapular wing-CT 영상은 저 방사선량으로 설정된 64-slice multidetector CT 스캐너 (Aquilion Model TSX-101A; Toshiba Medical Systems Corp., Otawara, Japan)로 촬영되었다. 전산화단층촬영 영상의 매개 변수 중 관전압(tube voltage)은 120 kV, 관전류(tube current) 40 mA, 영상 단면 두께 0.5 mm, 수평 치수의 시야 45 cm² 및 삼차원 재구성 단면 두께는 2 mm로 설정하였다. 영상은 환자를 복외위로 눕히고 양측 팔은 가지런히 몸통 옆으로 놓인 상태에서 촬영하였다.

평균 전산화단층촬영 선량 지수(dose index volume)는 4.5-7.1 mGy, 평균 선량길이곱(dose-length product)은 155 mGy-cm (110-200 mGy-cm)의 범위, 평균 유효선량은 2.325 mSv였고, 환자가 전산화단층촬영실에 머무르는 평균 시간은 7분이었다. 이는 기존 통상적인 3D scapula wing CT선량의 방사선량의 25% 정도로 평가된다. 실제 전산화단층촬영의 평균 시간은 15초였다. 영상 촬영 범위는 양측 견갑골과 쇄골을 포함하여 C7 척추에서 T7 척추까지로 설정하였다¹³.

4. 측정 기준

이 연구는 Park 등^{13,15}이 견갑골 운동 이상 평가를 위해 고안한 3D 전산화단층촬영 재건 영상에서 3가지 골형태지표(bony landmarks)와 5개의 견봉 관절 운동의 측정 기준을 이용하여 전산화단층촬영 영상을 평가하였다. 세 개의 골형태지표는 견갑골의 하내측각(inferomedial angle [IMA]), 견갑극(root of scapular spine [RSS]) 및 견봉쇄골관절(acromioclavicular joint [AC]) 정중부를 말한다.

3차원 전산화단층촬영 재건 영상에서 확인 가능한 5개의 견갑골 운동은 3개의 회전운동과 2개의 병진운동으로 상방회전(upward rotation [UR]), 내측회전(internal rotation [IR]), 전방 기울임(anterior tilting [AT]), 상방 전위(superior translation [ST]) 및 전인(protraction [PRO])을 말한다. Park 등^{13,15}이 기존 논문에서 설정한 측정 기준을 바탕으로 AC는 관절의 정중앙으로 하며,

견갑골 IMA는 견갑골의 가장 아래부분 그리고 RSS는 견갑극의 가장 내측부로 정하였다. 견갑골 운동의 5개의 각도는 마찬가지로 기존 문헌을 참조하여 아래와 같이 측정되었다¹⁶.

1) 상방회전각(UR angle)

관상면을 뒤에서 바라봤을 때, AC와 RSS를 이은 연장선과 제7경추체와 제7흉추체 전방 중앙선을 이은 척추 축(vertebral axis)의 연장선 사이의 각을 측정한다(Fig. 1A).

2) 내회전각(IR angle)

측단면을 위에서 바라봤을 때, 2개의 견봉쇄골관절 정중부를 연결하는 선과 AC와 RSS를 이은 선 사이의 각을 측정한다(Fig. 1B).

3) 전방기울임각(AT angle)

시상면을 옆에서 바라봤을 때, IMA와 RSS를 이은 선과 vertebral axis 사이의 각을 측정한다(Fig. 1C).

4) 상방전위각(ST angle)

관상면을 뒤에서 바라봤을 때, AC와 제7척추 극돌기를 이은 선과 제7척추 극돌기와 제7흉추 극돌기를 이은 선 사이의 각을 측정한다(Fig. 1D).

5) 전인각(PRO angle)

측단면을 위에서 바라봤을 때, AC와 제7경추체 정중부를 연결한 선과 제7경추체 정중부와 극돌기를 연결한 선 사이의 각을 측정한다(Fig. 1E).

5. 통계 분석

견갑골 운동 이상증의 존재 여부는 2명의 정형 외과 의사에 의해 평가되었고 표준화된 교육을 받은 4명의 관찰자가 각각 5개의 각도(UR, IR, AT, ST, PRO)를 평가하였다. 분산(variance), 관찰자 간 상관 관계 계수(interclass correlation coefficient [ICC]) 및 건측과 환측 측정값의 차이는 IBM SPSS ver. 21.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하여 분석하였다.

결 과

수술을 받은 모든 환자에서 방사선학적 골유합은 모든 환자에서 확인되었으며 골유합이 확인된 시기는 평균 14.3개월(SD, 10.1개월)이었다. 흉부방사선 사진에서 환측 쇄골과 건측 쇄골의

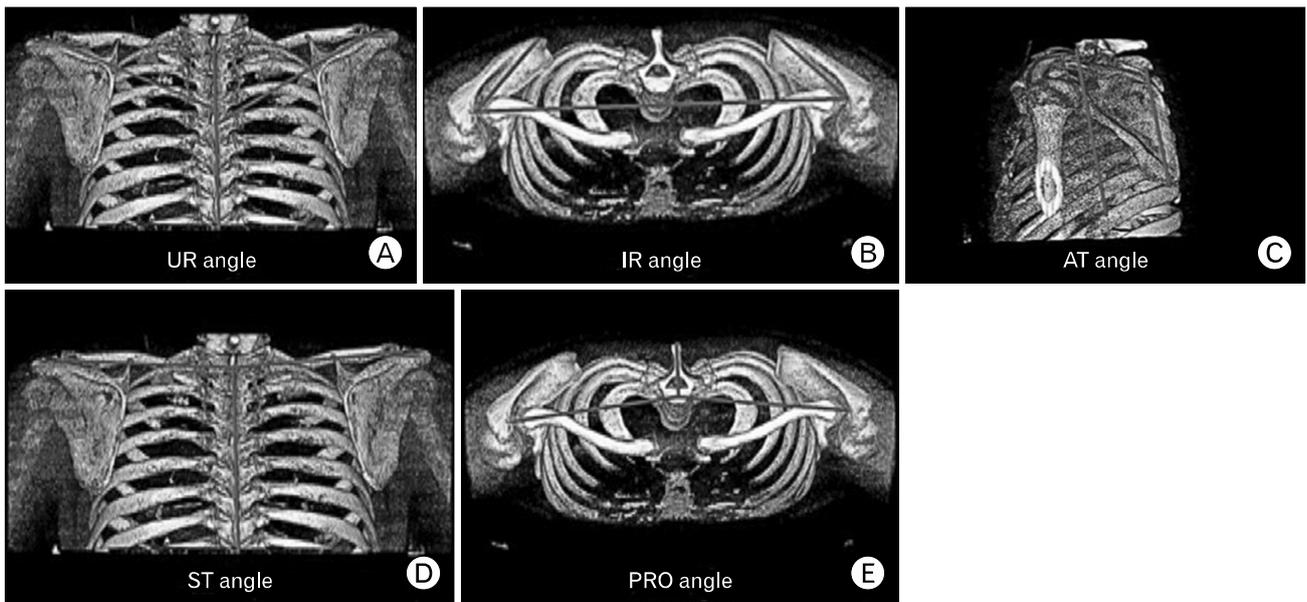


Fig. 1. Low dose three-dimensional wing computed tomography images in prone position. (A) Upward rotation (UR) angle: the angle between the extension of the line from the acromioclavicular (AC) joint to root of scapular spine (RSS) and the vertebral axis (C7–T7) on a posterior–coronal view. (B) Internal rotation (IR) angle: the angle between the line joining the 2 AC joints and the line from the corresponding AC joint to RSS on a superior–axial view. (C) Anterior tilting (AT) angle: the angle between the line from the inferomedial angle of scapula parallel to the medial border of scapula and the line joining the anterior tips of C7 and T7 vertebrae on a lateral–sagittal view. (D) Superior translation (ST) angle: the angle between the line from the AC joint to midpoint of the spinous process of the C7 vertebra and the vertebral axis (C7–T7) on a posterior–coronal view. (E) Protraction (PRO) angle: the angle between the line parallel to the vertebral axis (C7–T7) and the line from the corresponding AC joint to the center of the C7 vertebral body on a superior–axial view.

Table 2. Results of clinical measurements

Variable	Value	p-value
Clavicle length (mm)		
Involved	159.12±11.58	
Uninvolved	160.89±9.77	
Clavicle length difference	-1.77±6.36	0.163
VAS	1.39±1.2	
Constant score	95.14±4.72	
ASES score	93.04±7.61	
CT measurement (°)		
Upward rotation	1.51	0.130
Internal rotation	0.98	0.406
Anterior tilting	1.7	0.096
Superior translation	0.89	0.327
Protraction	0.83	0.374

Values are presented as mean±standard deviation. VAS: visual analog scale, ASES: American Shoulder and Elbow Surgeons, CT: computed tomography.

평균 길이는 각각 159.12 mm (SD, 11.58 mm)와 160.89 mm (SD, 9.77 mm)를 보였으며 그 차이는 -1.71 mm (범위, -13.2 to 8.7 mm; p=0.161)이었다. 모든 환자에서 쇄골 단축이 2 cm

Table 3. Compared with cutoff values

Variable	Mean±SD	Cutoff value	N (exceed)*
Upward rotation	117.5±8.9	117	12
Internal rotation	49.0±5.7	51	10
Anterior tilting	-2.7±7.6	8	10
Superior translation	88.9±3.2	90	12
Protraction	96.8±6.7	99	12

SD: standard deviation.

*N (exceed) means the number of patients whose specific angle exceeded the cutoff value among 28 patients.

미만이었으며, 임상적으로 성공적인 해부학적 정복을 얻었다는 것을 의미한다.

두 명의 검사자에 의한 관찰 평가에서 견갑골 운동 이상증은 28명의 환자 중 없었다. VAS 점수는 1.39 (SD, 1.2; Constant score, 95.14±4.72) 및 ASES score 93 (SD, 7.61)으로 환자의 주관적인 평가에서 만족스러운 결과를 보였다(Table 2). 저선량 전산화단층촬영의 3D 재구성 영상은 4명의 검사자에 의해 측정되었으며, 5가지 변수의 환측과 건측 간 차이는 다음과 같았다(UR:

1.51, $p=0.13$; ST: 0.89, $p=0.327$; AT: 1.7, $p=0.096$; PRO: 0.83, $p=0.374$; IR: 0.98, $p=0.406$) (Table 3). 관측자 간 상관관계 계수는 0.996 ($p=0.00$)으로 높은 결과값을 보였다.

고 찰

생활 스포츠 인구가 증가하면서 쇄골 골절도 점차 증가하고 있으며 이에 대하여 비용 효율적인 측면에서, 일부 국가에서는 쇄골 골절에 대한 보존적 치료를 시행하고 있다²¹⁷. 하지만 쇄골 골절 후 불유합 및 부정유합의 후유증으로 견갑골 운동이상증이 후유증으로 나타날 수 있다는 보고가 있어왔고 그 관계를 알아내기 위해 견흉관절의 위치 관계와 운동에 대한 다양한 연구가 수행되었다^{6,12}. 그 중 전산화단층촬영 재건 영상을 통한 견갑골 부정정렬의 분석이 Ristevski 등¹⁸과 Park 등¹³에 의해 보고되고 사용되어 오고 있다.

견갑골 운동 이상과 쇄골골절의 연관성에 대한 연구는 비교적 흔하지만, 해부학적으로 정복된 쇄골 간부 골절과 견갑골 운동 이상과의 관계를 검증하고자 하는 연구는 보고된 바 없다. 이 연구에서 환측과 건측의 쇄골 길이 차이는 1 cm 이내였으며, 이는 합당한 해부학적 길이 복원을 얻었다고 할 수 있다. 연구 설계의 한계로 대조군을 설정하지 못하여 통계적 유의성을 확인할 수는 없으나, 이를 통해 본 연구에서는 수술적 치료로 쇄골 길이를 회복한 환자에서 견갑골 운동 이상이 발생하지 않았다는 결과를 확인할 수 있었다. 본 연구의 전산화단층촬영 3차원 재건 영상에서 측정된 5가지 항목(UR, ST, AT, PRO, IR)에서 환측과 건측의 유의한 차이는 없었다. Park 등¹³의 최근 연구에서 각 항목에서 견갑골 운동이상증을 나타내는 결정값을 UR angle 117°, ST angle 90°, AT angle 8°, PRO angle 99° 및 IR angle은 51°로 제시하였다.

본 연구에서 각 항목의 평균값은 Park 등¹³이 제시한 결정값 내에 있었지만 몇몇 환자의 경우 일부 항목에서 결정값을 초과하는 수치를 보였다. 그러나 위에서 언급했듯이, 모든 환자의 관측 평가에서 견갑골 운동 이상증은 관찰되지 않았다. 이는 본 연구에서 견갑골 운동 이상증을 평가 시에 건측 견갑골을 기준으로 평가를 시행하였고, 28명이라는 많지 않은 환자수를 대상으로 시행한 제한점이 있었기 때문으로 판단되며, 이와 함께 추후 많은 환자수를 통한 추가적인 임상연구가 이루어진다면 Park 등¹³이 제시한 결정값에 대한 재검증이 필요할 가능성도 없지 않을 것으로 생각한다.

기존 전산화단층촬영의 높은 방사선량은 견관절 운동이상증을 주기적으로 확인하기 위한 진단 도구로서의 제한적 한계점으

로 생각되었다¹³. 따라서 이를 개선하고자 본 연구에서는 기존 연구와 비교하여 관전류는 300 mAs에서 40 mAs로 줄였으며, 이로 인해 평균 전산화단층촬영 선량지수가 25 mGy에서 5.5 mGy로, 선량길이곱이 500 mGy에서 155.5 mGy로, 환자가 받는 평균 방사선량(유효선량)이 1,000 millirems (10 mSv)에서 232.5 millirems (2.325 mSv)까지 감소했다. Radiological Society of North America는 영상 검사의 방사선 피폭량을 적게는 상하지 말단 단순방사선촬영의 0.001 mSv부터 많게는 흉부 전산화단층촬영 시 7 mSv까지의 방사선량(유효선량)이 피폭된다고 보고하였다¹⁹. American Association of Physicists in Medicine에서는 연간 100 mSv 이내의 방사선량 노출은 암 유발이나 생명과 관련하여 유의한 증거가 없으며 영상 검사는 대부분 100 mSv에 한참 미치지 못하기에 의학적으로 필요할 경우 촬영하는 것에 문제가 없다고 보고하고 있다²⁰. 본 연구 설정에 의해 환자가 노출되는 방사선량(유효선량)은 2.325 mSv로 기존 연구에서 제시한 수치의 약 25%이며 폐암 스크리닝 검사로 시행하는 저선량 흉부 전산화단층촬영의 1.4배, 흉부 단순방사선촬영 23회와 같은 정도의 수준으로 연간 수 차례 검사를 하여도 방사선 노출에 있어서 큰 위해성은 없다고 판단된다. 본 연구에서 4명의 관찰자의 관측자간 ICC는 0.996 ($p=0.00$)으로 높게 나타나서, 견갑골 운동이상증을 평가하기에 충분한 질의 영상을 확보할 수 있었다고 여겨진다.

이 연구에는 몇 가지 한계가 있다. 첫째, 본원에서는 쇄골골절에 대하여 수술적 치료를 모두 시행하기에 대조군을 설정하지 못하였다는 것이다. 쇄골 골절에 대해 보존적 치료를 받은 환자군에 대하여 상기 검사를 시행하여 비교하는 연구를 진행하는 것이 필요하나 본원의 경우 해당되는 환자를 찾을 수 없었다. 둘째, 비용 효과적인 단점이다. 본 연구에서는 쇄골 골절에 대한 골유합을 평가하는 목적도 함께 있어 전산화단층촬영을 시행하였지만, 견갑골 운동 이상증만을 평가하기 위한 진단 도구로서 전산화단층촬영을 시행하는 것이 비용 효과적인 측면에서 의미가 있을 것인지 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 셋째, 모든 환자가 정적인 자세로 전산화단층촬영 검사를 받는다는 것이다. 견갑골 운동이상증의 경우 다양한 자세와 동작에서 평가되어야 하기에 한 가지 자세로만 검사를 했을 경우 정확한 평가가 힘들 수 있다. 이러한 한계점들에 대하여 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

본 연구를 통하여 전위된 쇄골 골절에서 해부학적 골유합을 얻을 경우 견갑골 운동 이상증의 빈도가 낮음을 확인할 수 있었다. 이 진단 과정에서 관찰 평가뿐 아니라 저선량 견갑날개 전산화단층촬영을 사용하여 진단 오류를 줄일 수 있었다. 마지막으로 저선량 전산화단층촬영법을 통하여 기존 연구에서 보고된 방사선

피폭량의 약 25% 선량으로도 관찰자 간 신뢰도가 높은 충분한 질의 3D 재건 영상을 얻을 수 있었다. 이를 통해 견갑골 운동이상 증을 평가하는 도구로서 방사선 피폭에 더 안전하고 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각한다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ORCID

Yoon-Seok Kim <https://orcid.org/0000-0003-0773-6822>
 Jung-Gon Kim <https://orcid.org/0000-0001-6951-6126>
 Jung-Taek Hwang <https://orcid.org/0000-0003-4189-084X>
 Jae Chan Shim <https://orcid.org/0000-0001-7442-2079>
 Suk-Hwan Jang <https://orcid.org/0000-0002-7880-2797>

References

1. Donnelly TD, Macfarlane RJ, Nagy MT, Ralte P, Waseem M. Fractures of the clavicle: an overview. *Open Orthop J* 2013;7:329-33.
2. Huttunen TT, Launonen AP, Berg HE, Lepola V, Fellander-Tsai L, Mattila VM. Trends in the incidence of clavicle fractures and surgical repair in Sweden: 2001-2012. *J Bone Joint Surg Am* 2016;98:1837-42.
3. Nordqvist A, Petersson C. The incidence of fractures of the clavicle. *Clin Orthop Relat Res* 1994;(300):127-32.
4. Van Tassel D, Owens BD, Pointer L, Moriatis Wolf J. Incidence of clavicle fractures in sports: analysis of the NEISS Database. *Int J Sports Med* 2014;35:83-6.
5. McKee MD, Wild LM, Schemitsch EH. Midshaft malunions of the clavicle. *J Bone Joint Surg Am* 2003;85:790-7.
6. Nordqvist A, Petersson CJ, Redlund-Johnell I. Mid-clavicle fractures in adults: end result study after conservative treatment. *J Orthop Trauma* 1998;12:572-6.
7. Zlowodzki M, Zelle BA, Cole PA, Jeray K, McKee MD; Evidence-Based Orthopaedic Trauma Working Group. Treatment of acute midshaft clavicle fractures: systematic review of 2144 fractures: on behalf of the Evidence-Based Orthopaedic Trauma Working Group. *J Orthop Trauma* 2005;19:504-7.
8. Kibler WB, Sciascia A. Current concepts: scapular dyskinesia. *Br J Sports Med* 2010;44:300-5.
9. Kibler WB, Sciascia A, Wilkes T. Scapular dyskinesia and its relation to shoulder injury. *J Am Acad Orthop Surg* 2012;20:364-72.
10. Keenan KE, Skedros JG. A patient with clavicle fracture and recurrent scapular winging with spontaneous resolutions. *Case Rep Orthop* 2012;2012:603726.
11. Rasyid HN, Nakajima T, Hamada K, Fukuda H. Winging of the scapula caused by disruption of "sternoclaviculoscapular linkage": report of 2 cases. *J Shoulder Elbow Surg* 2000;9:144-7.
12. Shields E, Behrend C, Beiswenger T, et al. Scapular dyskinesia following displaced fractures of the middle clavicle. *J Shoulder Elbow Surg* 2015;24:e331-6.
13. Park JY, Hwang JT, Oh KS, Kim SJ, Kim NR, Cha MJ. Revisit to scapular dyskinesia: three-dimensional wing computed tomography in prone position. *J Shoulder Elbow Surg* 2014;23:821-8.
14. Smekal V, Deml C, Irenberger A, et al. Length determination in midshaft clavicle fractures: validation of measurement. *J Orthop Trauma* 2008;22:458-62.
15. Park JY, Hwang JT, Kim KM, Makkar D, Moon SG, Han KJ. How to assess scapular dyskinesia precisely: 3-dimensional wing computer tomography. A new diagnostic modality. *J Shoulder Elbow Surg* 2013;22:1084-91.
16. Karduna AR, McClure PW, Michener LA. Scapular kinematics: effects of altering the Euler angle sequence of rotations. *J Biomech* 2000;33:1063-8.
17. Lenza M, Buchbinder R, Johnston RV, Ferrari BA, Faloppa F. Surgical versus conservative interventions for treating fractures of the middle third of the clavicle. *Cochrane Database Syst Rev* 2019;1:CD009363.
18. Ristevski B, Hall JA, Pearce D, Potter J, Farrugia M, McKee MD. The radiographic quantification of scapular malalignment after malunion of displaced clavicular shaft fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 2013;22:240-6.
19. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP* 2007;37:1-332.
20. American Association of Physicists in Medicine. Policies & procedures: AAPM position statement on radiation risks from medical imaging procedures [Internet]. Alexandria (VA): American Association of Physicists in Medicine; c2018 [cited 2018 Oct 4]. Available from: <https://www.aapm.org/org/policies/details.asp?type=PP&id=439>.