

## 경추 손상 환자에서 전산화 단층 촬영 시행을 위한 임상적 기준 : NEXUS 기준과 Canadian cervical spine rule

연세대학교 의과대학 응급의학교실

최양환 · 조준호 · 좌민홍 · 박유석 · 정현수 · 정성필

— Abstract —

### NEXUS and the Canadian Cervical Spine Rule as a Screening Tool for Computed Tomography Evaluation in Patients with Cervical Spine Injury

Yang Hwan Choi, M.D., Junho Cho, M.D., Minhong Choa, M.D., Yoo Seok Park, M.D.,  
Hyun Soo Chung, M.D., and Sung Pil Chung, M.D.

*Department of Emergency Medicine, Yonsei University College of Medicine*

**Purpose:** National Emergency X-Radiography Utilization Study (NEXUS) criteria and the Canadian Cervical Spine rule (CCR) are commonly used in cervical trauma patients to determine whether a plain cervical X-ray should be performed. However, plain cervical X-rays are so inaccurate that cervical spine computed tomography (CT) is often considered as a screening test. We studied the usefulness of the NEXUS criteria and the CCR for determining the need for a CT evaluation in the emergency department (ED).

**Methods:** This prospective observational study was conducted from January 2007 to March 2008. Plain X-ray and CT scans of the cervical spine were performed on blunt trauma patients with neck pain. The relevancy of CT was examined using the NEXUS criteria and the CCR. Sensitivity, specificity, positive predicted value, and negative predicted value analyses were performed to diagnose the cervical spine injury.

**Results:** During the study period, 284 patients were enrolled in this study. The sensitivity, specificity, positive predicted value, and negative predicted value of the NEXUS criteria were 87.5%, 1.1%, 5.0%, and 60.0% respectively, while those of the CCR were 87.5%, 8.2%, 5.3%, and 91.6%. There were two missed fracture cases when the NEXUS criteria and the CCR were applied independently, however, no cases were missed when both were applied.

**Conclusion:** This study suggests the NEXUS and the CCR in combination can be used as a guide to CT evaluation for cervical spine injury in the ED. (J Korean Soc Traumatol 2008;21:15-21)

**Key Words:** Cervical vertebrae, Computed tomography, Sensitivity, Specificity

---

\* Address for Correspondence : **Jun Ho Cho, M.D.**

Department of Emergency Medicine, Yonsei University College of Medicine  
Yongdong Severance Hospital Kangnam-Gu Dokok-Dong Unju-ro 612, Seoul, Korea  
Tel : 82-2-2019-3030, Fax : 82-2-3462-0713, E-mail : emjh@yuhs.ac.kr

접수일: 2008년 5월 16일, 심사일: 2008년 5월 22일, 수정일: 2008년 6월 1일, 승인일: 2008년 6월 10일

## 1. 서 론

외상 환자의 2~7%에서 경추 손상이 동반된다고 한다.(1-3) 경추 손상을 늦게 진단하여 적절한 처치가 이루어지지 않을 경우 심각한 후유증을 남길 수 있으며 사망까지도 이를 수 있다.(2,4) 그러므로 경추 손상을 빠르고 정확하게 진단하는 것은 매우 중요하다. 경추 손상의 선별 검사로 단순 방사선 사진을 사용한다. 이 검사의 시행 기준으로 National Emergency X-Radiography Utilization Study (NEXUS) 선별 기준, Canadian cervical spine Rule (CCR)이 있다.(5,6) 그러나 이런 기준에 따라 경추 단순 방사선 촬영만을 시행했을 때, 경추 손상에 대한 진단률은 약 85-90%에 불과하다.(7-10) 뿐만 아니라 전산화 단층촬영(이후 CT)에 비하여 촬영시간이 더 걸리고, 부적절한 촬영에 따른 반복검사로 인한 비효율성 등이 지적되고 있다.(11) 이와 같은 경추 단순 방사선 사진의 결점을 보완하기 위하여 경추 손상이 의심되는 환자를 진단할 때 CT 촬영을 적극적으로 고려하고 있다.(3,12)

경추 CT는 단순 방사선 사진과 같은 시행 기준이 없다. 관례적으로 단순 방사선 사진에서 골절이 의심될 때, 혹은 골절이 보이지는 않으나 임상적으로 골절이 강력히 의심될 때, 그리고 단순 방사선 사진을 촬영할 수 없는 경우에 CT촬영을 시행 한다.(3) 이에 저자들은 경추 손상이 의심되는 외상 환자에서 NEXUS 기준과 CCR에 따라 시행한 경추 단순 방사선 사진 결과와 경추CT 촬영 결과를 비교하여 NEXUS 기준과 CCR이 경추 CT 촬영의 시행 기준으로 사용할 수 있는지 알아보려고 하였다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 대상

2007년 1월부터 2008년 3월까지 15개월 동안 영동세브란스 병원 응급의료센터에 외상에 의해 목 부위 통증을 호소하며 내원하였거나 외상 후 의식저하로 내원한 환자들 가운데 National Emergency X-Radiography Utilization Study (NEXUS) 기준과 Canadian cervical spine rule (CCR)에 의하여 경추 단순 방사선 촬영이 필요한 환자를 대상으로 전향적 연구를 시행하였다. 생체징후가 불안정한 환자(수축기 혈압 90 mmHg 이하, 호흡수가 분당 10회 미만 또는 24회 이상인 환자), 16세 미만의 소아, 임산부, 방사선 사진 및 CT촬영을 거부하거나 연구 참여에 동의하지 않은 경우 연구 대상에서 제외하였다.

### 2. 방법

모든 대상 환자에게는 경추 보호대를 적용하였다. 대상 환자 또는 보호자에게 연구에 대해 설명하고 동의를 얻은 다음 연구를 진행하였다. 환자의 나이, 성별 등 인구학적 정보를 조사하였고 손상기전과 이학적 소견을 기록하였다. 응급의학과 의사가 NEXUS 기준과 CCR에 따라 촬영이 필요한지를 판단하였고, 경추 단순 방사선 촬영을 시행하였다.

NEXUS 기준은 후경부 압통 즉, 후경부 척추 중심선을 눌렀을 때 환자가 통증을 호소하는 경우, 의식 수준의 변화(GCS <14, 시간, 장소, 사람에 대한 혼돈, 주위자극에 대한 부적절한 반응), 약물 중독의 증거, 운동 또는 감각의 신경학적 증상의 발현, 경추 외 다른 동반손상 여부(다른 부위 골절과 자상)등을 기준으로 하여 한가지 이상 양성인 경우 방사선 촬영의 기준으로 삼는다.(5) CCR은 위험한 기전(1 m이상의 높이에서 추락, 머리에 축 방향의 충격을 받은 경우, 시속 100 Km이상의 자동차사고, 자동차 전복, 자동차 외로 방출된 경우, 자전거 또는 오토바이 운전 중 사고)에 의한 사고인 경우와 65세 이상인 경우, 사지에 감각이상을 보인 경우를 고위험 요소로, 단순 접촉사고, 응급실 내원시 앓을 수 있는 경우, 보행이 가능한 경우, 시간이 지난 후 목 통증을 호소한 경우, 후경부 압통이 없는 경우를 저위험 요소로 정하였다. 고위험 요소 가운데 한 가지 이상에 해당하거나 저위험 요소 가운데 한 가지라도 만족하지 않는 경우, 또는 경부를 좌우로 45도 이상 돌릴 수 없는 경우를 방사선 사진 촬영 기준으로 삼는다.(6)

모든 대상환자에게 방사선 촬영은 단순 방사선 촬영과 CT촬영을 시행하였는데 단순 방사선 촬영은 전후방상, 측방상을 찍었으며 가능한 경우 개구전후방상도 찍었다. 단순 방사선 촬영은 BLD-150RK (LISTEM, Korea)를 이용하여 엑스레이 노출량을 70 KV 하였으며 전후방상은 약 100cm, 측방상은 약 180cm거리에서 촬영하였다. CT는 Somatom sensation 64 (Simens, Germany)를 이용하여 2.4 mm 두께로 두개골 기저부 부터 제1흉추까지 촬영하였다.

경추 단순 방사선 사진과 CT촬영 사진에서 급성 골절 여부는 영상의학과 전문의의 판독에 따랐다. 탈구와 아탈구는 골절이 동반된 경우 골절에 포함시켜 분류하였다. 척추 손상 여부는 환자가 입원한 경우와 외래 추적관찰을 시행한 경우에는 정형외과 혹은 신경외과 전문의의 소견을 기준으로 하였고, 환자가 전원 또는 퇴원 후 외래 추적관찰이 시행되지 않은 경우에는 응급실 퇴실 전의 정형외과 혹은 신경외과 전공의의 소견과 자기공명영상을 시행한 경우 영상의학과 전문의의 판독 결과를 참고하여 결정하였다. 자료의 통계 처리는 SPSS for window (ver. 12.0) 프로그램을 사용하였으며 연속형 변수는 평균±표준편차

로, 범주형 변수는 빈도수와 %로 표현하였다. NEXUS와 CCR기준의 경추손상에 대한 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도, 정확도를 구하였다.

### III. 결 과

2007년 1월1일부터 2008년 3월 31일까지 영동세브란스병원 응급의료센터에 외상으로 인한 경추 부위 통증을 호소하며 내원한 4,740명의 환자 가운데 환자 284명의 환자가 본 연구에 참여하게 되었다. 연구에서 제외된 환자는 4,556명으로 NEXUS, CCR의 단순방사선 검사 기준에 해당되지 않는 경우 4,327 명, 16세 미만 229 명 이었다(Fig. 1). 평균 연령은 39.8세였고 남자가 64.4%이었다. 외상 후 내원 까지는 평균 3.8시간이 소모되었다. 외상의 기전은 자동차사

고(40.8%)가 가장 많았고 다음으로 보행자사고(13.3%), 오토바이사고(12.6%), 추락(9.5%), 넘어짐(9.1%) 순이었다. 병원에 내원하게 된 주호소는 목의 통증(43.3%)이 가장 많았고 목 이외 부위의 통증(30.6%), 의식의 변화(13.7%), 감각이상(8.8%) 순이었다. 내원 후 시행한 신경학적 검사는 특이소견 없는 경우(68%), 의식의 변화(11.6%), 감각의 변화(11.6%), 근력의 변화(4.6%), 감각과 근력이 모두 다변한 경우(4.2%) 순이었다(Table 1).

방사선 사진을 촬영한 환자들은 NEXUS 기준에서는 후경부 압통(64.8%)이 가장 많았고(Table 2), CCR 기준에서는 고위험 요소의 경우 사지에 감각이상(26.8%)이, 저위험 요소 가운데에는 후경부 압통(64.8%)이 가장 많았다(Table 3).

단순 방사선 촬영에서는 4명(1.4%)의 환자에서만 골절

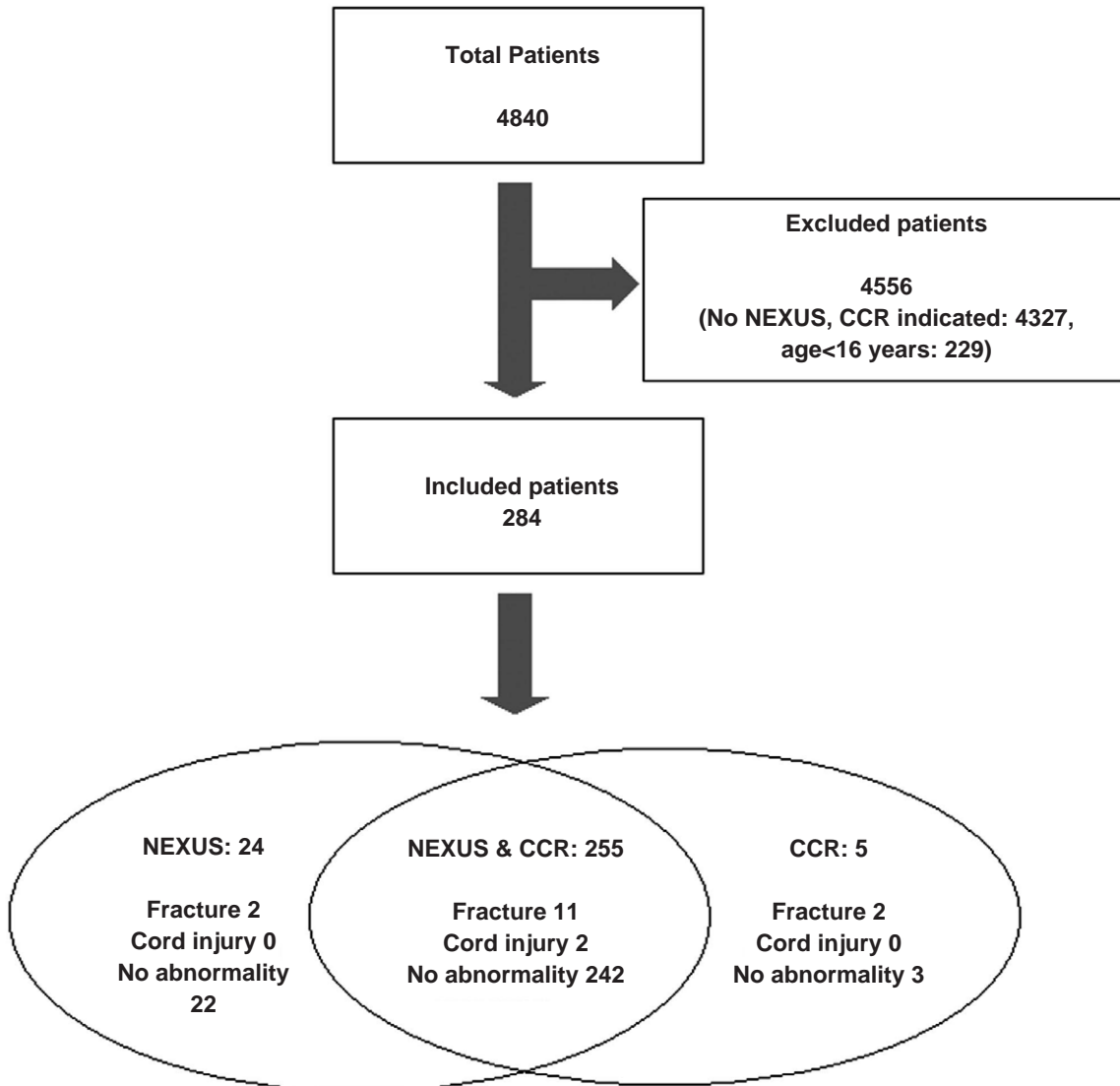


Fig. 1. The result of imaging studies of the patients according to the NEXUS criteria and Canadian cervical spine rule

을 확인하였으나 CT 촬영에서는 모두 16명(5.6%)의 환자에서 골절을 확인할 수 있었다(Table 4). 골절 환자 가운데 11명은 입원 치료하였고 5명은 전원하였다.

척추 손상으로 진단된 2명의 환자는 1명은 경부 CT에서 골절이 진단되었으나 다른 1명은 경부CT에서 골절소견은 없이 경추 뒤세로인대골화 소견만 있었다.

NEXUS와 CCR의 골절에 대한 민감도는 둘 다 87.5%이었고 특이도는 각각 1.1%, 8.2% 이었다. 양성예측도는 각각 5.0%, 5.3%이었고 음성예측도는 각각 60.0%, 91.6% 이었다. NEXUS와 CCR에서 각각 2건의 골절을 예측하지 못하였으나 두 가지 기준을 모두 적용하였을 때는 모든 환

자가 방사선 검사의 대상이 되었으며 모든 골절을 예측할 수 있어 민감도가 100%였다(Table 5).

#### IV. 고 찰

전통적으로 경추 골절의 선별검사로 단순 방사선 촬영을 사용하였으나 적절한 시행 기준 없이 응급실에서 시행한 단순 방사선 촬영은 과도한 비용과 불필요한 방사선 조사의 원인이었다.(13) 불필요한 방사선 촬영을 줄이기 위하여 1998년 미국에서 NEXUS 기준을 만들었으나 민감도는 99.6%로 높지만 특이도가 12.9%로 낮아(14) 불필요

**Table 1.** Characteristics of 284 study patients

Characteristics	Value	%
Age (Mean ± standard deviation)	39.8 ± 15.0	
Range		16~87
Male (n)	183	64.4
Time from injury to arrival (hr)	3.8 ± 10.7	
Chief complaint (n)		
Neck pain	123	43.3
Mental change	39	13.7
Motor change	7	2.5
Sensory change	25	8.8
Other site pain	87	30.6
Others	3	1.1
Vector		
MVA*	116	40.8
Pedestrian accident	38	13.3
Motorcycle accident	36	12.6
Falling down	27	9.5
Slip down	26	9.1
Rolling down	6	2.1
Fall onto head	8	2.8
Head struck	19	6.6
Others	8	2.8
Neurologic abnormality		
Mental change	33	11.6
Motor change	13	4.6
Sensory change	33	11.6
Motor and sensory change	12	4.2
No abnormality	193	68
Disposition		
Discharge	191	67.3
Admission	46	16.2
Operation	2	0.7
Transfer	45	15.8
Final diagnosis		
Cervical sprain	267	94
Cervical cord injury	2	0.7
Cervical fracture	15	5.3

\*MVA: Motor vehicle accident

한 방사선촬영의 비율을 줄이지는 못하였다. 그 이후 대안으로 2001년에 CCR을 개발하였으며(6), 여러 연구들에서 민감도 99.4~100%, 특이도 42.5~45.1% 정도라고 보고하였다.(6,10)

경추 골절의 선별검사로서 단순 방사선 촬영은 여러 가지 문제점을 갖고 있었다. 첫째, 부적절한 촬영으로 재촬영을 하는 비율이 28%~72.2%로 높고(11,15), 잘못된 촬영으로 골절을 진단하지 못하는 경우가 50~67%이었다.(2,16) 둘째, 재촬영 및 측면사진 만으로 정확한 검사가 어려우

로 여러 가지 방향으로 촬영이 시도되기 때문에 경추 단순방사선 촬영의 검사 시간이 약 22분이나 걸렸다고 한다. 이에 비해 경추 CT촬영은 평균 12분이 걸렸다.(11) 셋째, 경추 CT촬영과 비교하여 민감도는 31.6%, 특이도는 99.2%로 매우 낮은 민감도를 보여 선별 검사로서 적절치 않았다.(15) 단순 방사선 촬영의 경추 골절의 진단에 대한 민감도가 65%라고 보고한 연구가 있었으나 이 때 전산화 단층촬영의 민감도는 100%라고 하였다.(17)

이와 같은 단순방사선 사진의 단점과 한계를 극복하기

**Table 2.** The number of patients with each NEXUS\* criteria

NEXUS criteria	n	%
Midline cervical-spine tenderness	184	64.8
Evidence of intoxication	16	5.6
Altered level of alertness	36	12.7
Focal neurologic deficit	76	26.8
Painful distracting injuries	102	35.9

\*NEXUS: National Emergency X-Radiography Utilization Study.

**Table 3.** The number of patients with each Canadian cervical spine rule

Canadian C-spine Rule	n	%
Age 65 or older	14	4.9
Dangerous mechanism	68	23.9
Paresthesias in extremities	76	26.8
No Simple rear-end motor vehicle collision	9	3.2
Supine position during examination	26	9.2
No ambulatory at any time	26	9.2
Immediate onset of neck pain	2	0.7
Midline cervical-spine tenderness	184	64.8
No able to rotate neck	9	3.2

**Table 4.** Comparison of interpretation of radiography and CT\*

		CT*	
		Abnormal <sup>†</sup>	Normal
Simple X-ray	Abnormal <sup>†</sup>	4	0
	Normal	12	268

\*CT: computed tomography, <sup>†</sup>Abnormal includes the cervical fracture and/or dislocation

**Table 5.** Diagnostic performances of NEXUS\* and CCR<sup>†</sup> to diagnose C-spine injury

	Sensitivity	Specificity	PPV <sup>†</sup>	NPV <sup>§</sup>	Accuracy
NEXUS*	0.875	0.011	0.050	0.600	0.059
CCR <sup>†</sup>	0.875	0.082	0.053	0.916	0.126
NEXUS*+CCR <sup>†</sup>	1.000	0.000	0.183	0.000	0.183

\*NEXUS: National Emergency X-Radiography Utilization Study,

<sup>†</sup>CCR: Canadian cervical spine rule, <sup>†</sup>PPV: positive predictive value, <sup>§</sup>NPV: negative predictive value

위하여 경추 골절을 확인하기 위한 선별검사로 경추CT 촬영 시행의 기준이 여러 가지로 제시되었다. 신경학적 이상, 음주, 약물정독, 의식의 변화, 다른 곳의 외상을 동반한 경우를 기준으로 CT촬영을 시행한 경우의 민감도는 99%이었다.(3) 다른 연구에서는 56 km/hr이상의 고속 교통사고이거나 교통사고 후 사망하거나 3 m 이상에서 추락한 경우, 뇌CT촬영에서 뇌내출혈이 보이는 등의 뇌손상을 받았거나 경추에 의한 신경학적 이상이 보이거나 골반 또는 사지의 골절 등이 있는 경우를 경추 CT촬영 시행 기준으로 삼았는데, 이 연구 참가자 4,285명중 84(2.0%)명이 경추 골절로 진단되었고 이 진단기준에 만족하지 않았는데 골절이 진단된 경우는 7명(0.2%)이었다.(18)

한편 경추 CT촬영을 선별 검사로 할 경우 비용 문제를 고려해봐야 할 것이다. 국내의 경우 표준 3면 경부 단순 방사선 촬영 비용이 8,560원이고 경추 CT촬영의 비용이 170,150원이었다. 하지만 검사 비용의 단순 비교 보다는 진단을 못했을 경우 재활 치료까지 드는 비용을 고려해보아야 할 것이다. 이에 대한 국내 연구는 아직 없지만 외상환자의 척추 골절 가능성을 7.75%로 가정하고, 단순방사선 사진의 민감도와 특이도를 각각 64%, 80.5%로, 경추 CT촬영의 민감도와 특이도를 96%, 96.5%로 가정하고, 경추 손상을 진단 못한 경우 마비가능성을 14.5%로 가정하였을 때 계산된 1인당 단순방사선사진과 CT촬영의 비용은 각각 119.5\$, 328.78\$으로 CT촬영의 비용이 더 많았다. 그러나 진단을 못하여 마비가 발생할 경우에 재활비용까지 가정했을 경우 1인당 검사비용은 2142.31\$, 553.53\$로 CT촬영의 비용이 오히려 적었다고 한다.(19)

본 연구에서 경추 CT촬영의 시행 기준으로 NEXUS, CCR을 각각 적용했을 때 민감도가 모두 87.5%이었다. 하지만 두 가지 기준을 모두 적용할 때는 민감도가 100%이었다. 그러므로 경추 CT촬영 시행 기준으로 NEXUS, CCR을 혼합하여 사용할 경우 경추 골절 진단을 놓치지 않을 것으로 생각된다. 따라서 진단하지 못할 경우 치명적인 부작용을 남길 수 있는 경추 골절을 놓치지 않고 진단하기 위해서는 선별검사로써 CT촬영이 필수적이고 이를 시행하는 기준으로 NEXUS와 CCR을 함께 적용하여야 하겠다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 연구가 진행되는 동안 응급의학과, 정형외과, 신경외과 3개과의 전공의와 전문의가 진료에 참여하게 되어 미리 작성된 연구지에 의하여 연구를 진행하긴 하였으나 문진이나 신체검진 결과의 표준화가 어려웠다. 둘째, 환자가 입원하지 않고 응급실에서 퇴원하거나 전원된 경우 추적관찰이 어려워 신경학적 이상의 발현여부를 알기 어려웠다. 셋째, 경추 CT는 골절과 탈구 등만을 진단할 수 있고 인대나 척추손상을 알 수 없어 이를 진단하기 위해서는 자기공명영상(이후 MRI)의 시행이 필요하나 대상 환자 가운데 16명만이 MRI(골절 환자 중 7

명만 시행하였다.)를 시행하여 척추손상여부를 영상으로 확인하기는 어려웠다. 하지만 척추 손상을 진단하기 위해서 MRI의 필요성은 확립되어 있지 않다. 임상양상의 평가와 예후판단 하기 위하여 MRI 시행이 필요하다는 연구가 있으나(20) 반대로 경추 CT에서 특이 소견이 없는 경우 MRI가 불필요하다는 연구도(21) 있어 경추 손상에서 MRI의 유용성은 아직 확립 되지 않은 상태이다.

## V. 결 론

기준에 사용되는 NEXUS 기준과 CCR 기준을 함께 적용하여 경추 전산화 단층 촬영을 시행할 경우 경추 골절에 대한 민감도가 100%이었다. 그러므로 진단이 늦어질 경우 심각한 후유증이 생길 수 있는 경추 골절의 응급실 선별검사로 경추 전산화 단층 촬영을 시행할 것을 권장한다.

## REFERENCES

- 1) Grossman MD, Reilly PM, Gillett T, Gillett D. National survey of the incidence of cervical spine injury and approach to cervical spine clearance in U.S. trauma centers. *J Trauma* 1999;47:684-91.
- 2) Davis JW, Phreaner DL, Hoyt DB, Mackersie RC. The etiology of missed cervical spine injuries. *J Trauma* 1993;34:342-6.
- 3) Sanchez B, Waxman K, Jones T, Conner S, Chung R, Becerra S. Cervical Spine Clearance in Blunt Trauma: Evaluation of a Computed Tomography-Based Protocol. *J Trauma* 2005;59:179-83.
- 4) Sokolowski MJ, Jackson AP, Haak MH, Meyer PR Jr, Sokolowski MS. Acute mortality and complications of cervical spine injuries in the elderly at a single tertiary care center. *J Spinal Disord Tech* 2007;20:352-6.
- 5) Hoffman JR, Wolfson AB, Todd K, Mower WR. Selective Cervical Spine Radiography in Blunt Trauma: Methodology of the National Emergency X-Radiography Utilization Study (NEXUS). *Ann Emerg Med* 1998;32:461-9.
- 6) Stiell IG, Wells GA, Vandemheen KL, Clement CM, Lesiuk H, De Maio VJ, et al. The Canadian C-spine rule for radiography in alert and stable trauma patients. *JAMA* 2001;286:1841-8.
- 7) Besman A, Kaban J, Jacobs L, Jacobs LM. False-negative plain cervical spine x-rays in blunt trauma. *Am Surg* 2003;69:1010-4.
- 8) Crim J, Moore K, Brodke D. Clearance of the cervical spine in multi-trauma patients: the role of advance imaging. *Semin Ultrasound CT MR* 2001;22:283-305.
- 9) Hanson JA, Deliganis AV, Baxter AB, Cohen WA, Linnau KF, Wilson AJ, et al. Radiologic and clinical spectrum of occipital condyle fractures: retrospective

- review of 107 consecutive fractures in 95 patients. *Am J Roentgenol* 2002;178:1261-8.
- 10) Stiell IG, Clement CM, Mcknight RD, Brison R, Schull MJ, Rowe BH, et al. The Canadian C-Spine Rule versus the NEXUS Low-Risk Criteria in Patients with Trauma. *N Engl J Med* 2003;349:2510-8.
  - 11) Daffner RH. Cervical Radiography for Trauma Patients: A Time-Effective Technique? *Am J Roentgenol* 2000;175:1309-11.
  - 12) Fisher A, Young WF. Is the lateral cervical spine x-ray obsolete during the initial evaluation of patients with acute trauma? *Surg Neurol* 2008 In press.
  - 13) Hoffman JR, Schriger DL, Mower W, Luo JS, Zucker M. Low-risk criteria for cervical-spine radiography in blunt trauma: a prospective study. *Ann Emerg Med* 1992;21:1454-60.
  - 14) Hoffman JR, Mower WR, Wolfson AB, Todd KH, Zucker MI. Validity of a set of clinical criteria to rule out injury to the cervical spine in patients with blunt trauma. *N Engl J Med* 2000;343:94-9.
  - 15) Gale SC, Gracias VH, Reilly PM, Schwab CW. The Inefficiency of Plain Radiography to Evaluate the Cervical Spine After Blunt Trauma. *J Trauma* 2005;59:1121-5.
  - 16) Reid DC, Henderson R, Saboe L, Miller JD. Etiology and clinical course of missed spine fractures. *J Trauma* 1987;27:980-6.
  - 17) Griffen MM, Frykberg ER, Kerwin AJ, Schinco MA, Tepas JJ, Rowe K, et al. Radiographic Clearance of Blunt Cervical Spine Injury: Plain Radiograph or Computed Tomography Scan? *J Trauma* 2003;55:222-7.
  - 18) Hanson JA, Blackmore CC, Mann FA, Wilson AJ. Cervical Spine Injury: A Clinical Decision Rule to Identify High-Risk Patients for Helical CT Screening. *Am J Roentgenol* 2000;174:713-7.
  - 19) Grogan EL, Morris JA Jr, Dittus RS, Moore DE, Poulouse BK, Diaz JJ, et al. Cervical Spine Evaluation in Urban Trauma Centers: Lowering Institutional Costs and Complications Through Helical CT Scan. *J Am Coll Surg* 2005;200:160-5.
  - 20) Park HJ, Kim IG, Lee DH, Yang SH. Magnetic Resonance Imaging of Acute Cervical Cord Injuries (Clinical Correlation and Prognosis). *J Korean Soc Spine Surg* 2001;8:156-64.
  - 21) Como JJ, Thompson MA, Anderson JS, Shah RR, Claridge JA, Yowler CJ, et al. Is magnetic resonance imaging essential in clearing the cervical spine in obtunded patients with blunt trauma? *J Trauma* 2007;63:544-9.