

## 외상환자에 있어서 일차조사로서 경추부 전산화 단층 촬영의 예측인자

고려대학교 의과대학 응급의학교실

박경애 · 한 철 · 조영덕 · 김정윤 · 윤영훈 · 이성우 · 문성우 · 최성혁

— Abstract —

### Predictive Factors for MDCT as a Primary Survey in Traumatic Cervical Spine Injury

Guen E Pak, M.D., Chul Han, M.D., Young-Duck Cho, M.D., Jung-Youn Kim, M.D.,  
Young-Hoon Yoon, M.D., Sung-Woo Lee, M.D., Sung-Woo Moon, M.D., Sung-Hyuk Choi, M.D.

*Department of Emergency Medicine, College of Medicine, Korea University, Seoul, Korea*

**Purpose:** Missing cervical pathology after injury may lead to disability and influence long-term survival. Controversies continue to evolve concerning the initial screening methods used to predict cervical spine injury. Through a retrospective chart review, we attempted to analyze and propose factors predictive of cervical trauma.

**Methods:** Of all the patients who had visited the Emergency Department of Korea University, from January 2009 to December 2009, a retrospective review of the clinical records of the 217 patients who had undergone cervical spine computed tomography was done. We investigated whether we could predict the need for cervical spine computed tomography shortly after presentation in trauma patients by comparing the group with fractures and group without fractures and by finding risk factors showing significant differences between the two groups that might be used as guides in decision making.

**Results:** Of the 217 subjects who underwent cervical spine computed tomography scans, 33 were identified with fractures of the cervical spine while 184 were not. The most common mechanisms of trauma, in order, for those with fractures were falls, followed by traffic accidents. We found that the injury severity score, multiple injuries, a high-energy injury mechanism, neurologic deficit, and pain and tenderness of the cervical spine showed statistically significant differences between the two groups.

**Conclusion:** Fractures of the cervical spine that are not observed with simple radiography occur with a relatively high frequency in trauma patients. Consideration should be given to the risk factors for cervical spine fracture, and if pertinent, cervical spine computed tomography should be performed with speed for early diagnosis of cervical spine fractures. (J Korean Soc Traumatol 2011;24:18-24)

**Key Words:** Cervical spine fracture, Computed tomography, Screening

---

\* Address for Correspondence : **Young-Hoon Yoon, M.D.**

Department of Emergency Medicine, Korea University, Guro Hospital,  
80 Guro 2-dong, Guro-gu, Seoul, Korea

Tel : 82-2-2626-1561, Fax : 82-2-2626-1562, E-mail : yyh71346@naver.com

접수일: 2011년 3월 15일, 심사일: 2011년 3월 16일, 수정일: 2011년 4월 7일, 승인일: 2011년 4월 29일

## I. 서 론

현대의학의 발전으로 질병으로 인한 사망률은 점차 줄어드는 가운데 아직도 외상은 심혈관 질환, 암과 함께 우리나라에서 가장 흔한 사망원인 중 하나이며 그 추세 또한 증가하고 있다.(1,2)

경추부 손상은 모든 외상환자의 4%에서 발생하며 매년 미국에서는 만여명의 환자들이 경추부 손상과 관련된 진단을 받고 있으며 이로 인해 사회손실 비용이 연간 34억 달러에 이른다.(3-7) 최근 고령화 시대로 진입함에 따라 65세 이상 노인층에서도 외상관련 사망률이 증가하고 있으며 누적 손상 지수(cumulative injury severity)도 폭발적으로 증가하고 있다. 최근 연구에 따르면 경추부 단독 손상이 있는 노인환자의 병원 내 사망률이 20% 이상이라고 한다.(8) 노인환자뿐만 아니라 10대를 포함한 젊은 층에 있어서도 급성 척추 손상은 이환율과 사망률의 주된 원인을 차지한다.(9)

외상환자에게서 경추부 손상의 진단을 초기에 파악하는 것은 추가적인 손상을 예방하고 향후 치료계획수립에 중요한 자료가 되며 경추부 손상의 조기진단에 실패할 경우 환자의 장애율, 유병율, 사망률에 영향을 미친다. 단순 방사선 검사는 경추부 손상의 조기진단을 위해서 초기에 시행하는 가장 기본적인 선별검사이다. 그러나 기본 경추부 방사선 촬영으로는 모든 경추부 손상을 정확히 진단하는데 한계가 있다. 단순 방사선 검사으로는 40~60%의 경추부 손상이 오진되고 있으며 경추부 손상의 조기진단 실패 및 추가적인 정밀검사의 미시행 등 오류의 가장 큰 원인은 적절한 단순촬영의 영상을 얻을 수 없거나 판독 오류 때문이라고 지적하였다.(10) 현재는 의료기술의 발전으로 다채널 전산화 단층 촬영의 신속한 촬영이 가능해짐에 따라 경추부 손상에 대한 조기검사로서 다채널 전산화 단층 촬영이 선호되고 있고 많은 연구들이 경추부 손상의 검사로서 전산화 단층 촬영의 중요성을 강조하고 있다.(11-13)

경추부 손상의 환자 내원 시 기본적으로 단순방사선 검사를 시행하지만 어떤 상황에서 신속히 정밀검사를 시행해야 하는지에 대한 국내연구는 미비한 현실이다. 이에 저자들은 경추부 골절에 대한 다채널 전산화 단층 촬영의 유용성과 촬영을 초기에 고려해야 하는 요인에 대한 연구를 하였다.

## II. 대상 및 방법

2009년 1월부터 2009년 12월까지 고려대학교 부속병원의 3개 응급의료센터에 내원한 환자 중 경추부 전산화 단층 촬영을 시행한 환자 284명을 대상으로 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 이 중 18세 미만, 외상이 아닌 경우, 타

병원에서 진단받고 전원 온 경우를 제외하고 217명을 연구 대상으로 하였다. 대상환자에게 시행한 단순촬영 및 전산화 단층촬영 판독소견을 조사하였고 전산화 단층촬영은 64채널 나선형 전산화 단층촬영기(Brilliance CT 64-channel scanner, Philips, Eindhoven, Netherlands)로 2 mm 간격으로 촬영 하였다. 단순촬영 판독소견은 응급의학과 전공의 1인 및 응급의학과 전문의 1인이 시행하였으며 전산화 단층촬영은 영상의학과 전문의의 판독소견을 기준으로 하였다.

경추부 전산화 단층촬영의 결과를 기준으로 대상환자를 골절이 있는 군과 골절이 없는 군으로 분류하여 각 군에서 기본자료 및 위험요인으로서 환자의 나이, 성별, 손상기전, injury severity score (ISS), Glasgow coma scale (GCS), 경추부 압통 또는 통증, 다발성외상의 유무, 두부외상의 유무, 신경학적 양성소견, 사고기전의 위험도를 조사하였다. 위험인자 중 나이는 65세, ISS는 15점, GCS는 8점을 위험인자의 유무의 기준으로 하였다. 사고의 중증도는 50 km/h이상의 교통사고의 경우, 보행자 사고, 3 m 이상의 추락손상인 경우 고 위험군으로 정의하였다. 이 자료를 바탕으로 전산화 단층 촬영에서 골절이 확인된 군과 확인되지 않는 군에서 위험요인의 통계적 의미를 조사하였으며 이를 이용하여 외상환자 내원 시 초기에 경추부 전산화 단층 촬영여부를 결정할 선별검사 도구를 정하였다. 추가로 전산화 단층 촬영에서는 골절이 확인되거나 단순촬영에서는 골절을 확인 할 수 없었던 경우, 실제로 골절을 영상에서 확인 할 수 없었는지 또는 시야의 제한에 의한 요인 때문 이었는지를 조사하였다. 모든 통계분석은 SPSS version 13.0 (SPSS Inc., Chicago, IL) 프로그램에서 이루어졌으며 자료값은 평균±표준편차로 표시하였다. 위험요인의 분석에 로지스틱 회귀분석을 이용하였고 민감도, 특이도, 양성예측률, 음성예측률에는 카이 제곱검정을 이용하였으며  $p$ 값이 0.05미만인 경우 통계적으로 유의한 것으로 정의하였다.

## III. 결 과

### 1. 대상환자의 특성 및 손상기전

경추부 전산화 단층 촬영을 시행한 217명의 환자 중 경추부 골절은 33명에게 확인 되었으며 골절이 없었던 경우는 184명이었다. 두 군간의 남녀 비율 및 평균나이는 차이가 없었으며 손상 기전 중 가장 많은 원인은 골절이 있는 군에서 추락손상, 자동차 사고 순 이었으며 골절이 없는 군에서는 자동차사고, 추락손상, 보행자 사고 순이었다 (Table 1).

2. 전산화 단층 촬영에서 진단된 경추부 골절환자의 위험요인

전산화 단층촬영에서 진단된 경추부 골절환자군과 골절이 없는 군간의 위험요인을 비교한 결과 나이, 성별, GCS, 두부손상의 유무는 통계적으로 의미가 없었으며 ISS, 다발성 손상의 유무, 높은 위험의 사고기전, 신경학적 이상소견, 경추부 압통 및 통증의 위험인자는 통계적으로 의미 있는 차이를 보였다(Table 2).

3. 조기 경추부 전산화 단층 촬영을 위한 예측인자

통계적으로 의미 있는 위험인자 중 다발성 손상, 높은 위험의 사고기전, 경추부 압통 및 통증, 신경학적 이상소견의 네가지 위험요소 중 어느 하나라도 해당되는 경우와 그렇지 않은 경우로 선별도구를 만들어 이를 기준으로 경추부 골절의 예측에 대한 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도를 구하였다. 민감도는 97.0%, 특이도는 24.7%, 음성예측도는 97.9%였다(Table 3).

**Table 1.** Clinical data and mechanisms of injury in studied patients

	Fracture group	No fracture group
Total number	33	184
Male (%)	22 (69%)	137 (75%)
Female (%)	11 (31%)	47 (25%)
Average year (SD)	45.5 (17.7)	45.3 (16.1)
Mechanism of injury (%)		
Motorvehicle collision	8 (24%)	70 (38%)
Motorcycle collision	2 ( 6%)	15 ( 8%)
Fall	17 (52%)	52 (28%)
Pedestrian	1 ( 3%)	26 (14%)
Bicycle	1 ( 3%)	3 ( 2%)
miscellaneous	4 ( 9%)	18 (9.7%)

**Table 2.** Odd ratio of risk factors in CT diagnosed cervical fracture

	Odd ratio	95% Confidence interval	
		lower	upper
Age (>65 year)	2.96	0.86	10.21
Sex	1.80	0.62	5.25
GCS (>8)	1.19	0.20	7.14
ISS (>15)	7.94*	1.94	32.51
Multiple trauma	4.43*	1.13	17.32
High energy mechanism	5.21*	1.63	16.63
Neurologic deficit	3.82*	1.29	11.30
Head injury	0.51	0.18	1.49
Neck pain or tenderness	6.26*	2.02	19.40

\*  $p < 0.05$

**Table 3.** Crosstable analysis of CT diagnosed cervical fracture and screening tool\*

% (95% confidence interval)				Likelihood ratio	
Sensitivity	Specificity	PPV	NPV	negative	positive
97.0%	24.7	19.1	97.9	0.12	1.29
(91.4 ~ 100.0)	(18.5 ~ 30.9)	(13.2 ~ 24.9)	(93.8 ~ 100.0)	(0.02 ~ 0.83)	(1.17 ~ 1.43)

\* The definition of screening tool is that a case of patient having any one of multiple injury, neck pain or tenderness, neurologic deficit, high energy mechanism.  $p < 0.05$

4. 단순 방사선 촬영에서 확인 되지 않은 경추부 골절의 환자

전산화 단층촬영에서 골절이 확인된 환자 33명에서 39개의 병변이 확인되었다. 이중 9개의 병변은 단순방사선 촬영결과와 시야제한으로 인하여 확인 할 수 없었고 3개의 병변은 C2의 골절로 개구촬영(open mouth view)를 시행하지 않아 분석에서 제외하였다. 나머지 27개의 병변중 16개의 병변(59.3%)에서는 전산화 단층촬영에서 확인 된 골절을 단순방사선 검사에서는 확인 할 수 없었다. 이중 4명의 환자에 대해서는 수술적 치료를 시행하였다. Table 4에 이에 해당되는 환자들의 자료를 제시하였다.

IV. 고 찰

외상 환자의 응급처치를 담당하는 의료진에게 있어서 경추부 손상의 유무를 결정해야 하는 상황이 자주 발생한다. 방사선 검사 방법의 발전 및 선별도구의 발전에도 불구하고 경추부 손상은 최적의 진료환경에서도 발견되지 않을 수 있으며 초기에 불안정성 골절의 진단에 실패할

경우 추후 환자는 심각한 신경학적인 장애를 가질 수 있다.(14-16) 경추부 손상 환자의 진료 시에 법적인 또는 비윤리적인 측면에서 누구에게 경추부 촬영을 시행해야 하는지, 어떤 촬영을 해야 하는지, 전산화 단층촬영은 언제 시행하는지에 관한 문제가 생긴다. 골절의 가능성을 예측하기 위해서 여러 연구들이 경추부 골절과 관계된 요인을 연구해 왔다.(17-20) 그러나 이 연구들은 확실한 예측인자를 결정하지는 못했다. 예를 들어 두부외상의 위험요인은 경추부 손상의 위험요인과 유사함에도 불구하고 두부외상과 경추부 손상의 관계를 증명하지 못했으며 일반적으로 경추부 손상의 위험요인 중 하나라고 여겨지는 고속의 교통사고에 대해서도 일부 연구자들은 그 연관성을 인정하지 않고 있다.(17,20-23)

경추부 손상의 경우 시행 해야 하는 선별도구로서 여러 가지 방법이 제시되고 있다. 대표적인 선별검사로서 2000년도에 NEXUS 기준에 의하여 둔상으로 인한 외상환자중 경추부 손상을 감별할 수 있는 기준이 있다. 이 기준은 5가지로 구성되어 있으며 경추부 압통이 없는 경우, 중독의 증거가 없는 경우, 정상적인 의식상태, 신경학적 이상소견이 없는 경우, 집중을 방해하는 통증이 없는 경우에 모

**Table 4.** Characteristics of patients presenting with undetectable cervical spine fracture in simple x-ray

age	sex	Mechanism	CT finding	Treatment
46	M	MVI	C6 Spinous process fracture	Conservative
65	M	miscellaneous	C3 and C4 articular pillar-lamina fracture	Conservative
68	M	MVI	C7 transvers process fracture	Conservative
50	M	fall	C5 spinous process fracture	Expire
59	F	fall	C6 articular pillar-lamina fracture with C6/7 facet joint subluxed.	Conservative
50	M	MVI	C7 anterior compression fracture	Conservative
32	M	MVI	Fracture on both lamina and spinous process of C6.	Conservative
52	M	PTA	Fracture, left lateral pillar (superior and inferior articular processes), left pedicle and left lamina of C5.	Conservative
36	M	MVI	Fractures, C7, both lateral pillars, both transverse processes	Laminoplasty C4-C6
67	M	miscellaneous	C7 right transverse process fracture	Conservative
36	M	MVI	C6 left lamina fracture	Conservative
41	M	fall	Multiple fractures, involving spinous processes of C5-6-7-T1-2, right transverse processes of C6-7	Conservative
38	M	MVI	Fracture at the posterior elements of C2, right pedicle, left lamina and distal portion of inferior articular process	Total laminectomy, screw insertion
34	M	fall down	Fractures at the left lateral pillar of C5 Fractures at the transverse processes, right pedicle, both lateral pillars, spinous process of C6 with involvement of bilateral facet joints of C5-6, left neural foramen of C5-6	Laminoplasty
67	M	miscellaneous	Burst fracture with combined posterior element fractures at C6 and C7	Corpectomy
46	M	MVI	C6 left lamina fracture	Conservative
			C5 spinous processes fracture	Conservative

MVI: motor vehicle injury, PTA: pedestrian traffic accident

두 해당되면 방사선 검사를 생략할 수 있다고 정의하였으며 Hoffman(24) 등은 다기관에서의 전향적 연구로 이 기준의 유용성을 검증하였다. 또 하나의 대표적인 선별검사의 기준으로 Canadian C-spine rule이 있는데 이 기준에 따르면 65세 이상의 고령, 위험도가 높은 사고기전, 사지에 이상감각이 있는 고위험군과 응급의료센터에서 앉은 자세가 가능한 경우, 손상 후 보행이 가능한 경우, 경추부 통증의 지연 발생, 경추부 압통이 없는 저위험군으로의 분류와 환자가 좌우측으로 45도의 각도로 회전할 수 있는지를 고려하여 영상의학적 검사를 실시하도록 추천하고 있다.(25)

그러나 이러한 의견은 주로 다채널 전산화 단층 촬영의 사용빈도가 확대되기 전에 제시되었던 의견이다. 최근 몇 년 사이 급속한 전산화 단층 촬영의 발전에 따라 다채널 전산화 단층 촬영의 이용 빈도가 급격히 증가하고 있다. 다채널 전산화 촬영의 도입으로 이전에 비해 신속한 전산화 단층 촬영이 가능하게 되었다. 1차 선별 검사로 단순방사선 검사를 시행할 경우 이로 인해 진단이 지연되는 경우가 많다. 단순방사선 검사에 소요되는 시간은 평균 22분이며 79%의 환자에서는 재검사가 필요하여 이로 인해 진단이 지연 되므로 경추부 손상이 의심되면 바로 전산화 단층촬영을 할 것을 추천하며 단순방사선 검사 없이 바로 전산화 단층 촬영 시행 하였을 때 소요되는 시간은 평균 12분으로 진단시간을 단축시킬 수 있다는 연구결과가 있다.(26)

단순 방사선 검사는 진단 시간의 지연 외에도 판독오류의 문제가 있다. Bland 등(27)의 연구에 따르면 경추부 손상의 경우 128건의 단순방사선 촬영을 응급의학과 의사에게 판독하게 한 결과 이 중 33건에서 판독 오류가 발생하였으며 이 33예를 영상의학과 의사에게 재 판독한 결과에서도 26예에서 판독오류가 발생한 것을 보고하여 단순 방사선 검사의 정확도가 낮음을 지적하였다. 따라서 진단과정에 다채널 전산화 단층촬영을 적극적으로 이용한다면 단순방사선검사에 의한 오진의 확률을 줄일 수가 있다.

본 연구대상은 총 217명 이었으며 다채널 전산화단층 촬영으로 골절이 확인된 환자는 33명(15.2%)이었다. 대상 환자는 남녀비, 평균나이에서 큰 차이는 보이지 않았으며 손상기전의 차이는 골절군에서는 추락이 가장 많았으며(52%) 골절이 없는 군에서는 자동차사고가 가장 많았다(38%). 이는 추락의 경우는 손상 시 받는 에너지가 크기 때문에 골절이 많이 발생한다고 판단되며 골절이 없는 환자에서 자동차 사고가 원인이 가장 많은 이유는 증상이 심하지 않음에도 불구하고 사보험의 확대 및 가해자의 진단비용의 지불의 이유로 환자가 원하여 촬영을 원하는 경우가 많기 때문으로 판단된다.

경추부 골절로 진단된 환자들에게서 위험요소들을 분석한 결과 ISS가 15점 이상인 경우, 다발성외상인 경우, 고에

너지의 기전인 경우, 신경학적인 이상소견이 있는 경우에 위험도가 높은 결과를 보였다. 이 결과는 타 연구와 비교해 볼 때 위험요인은 거의 동일하게 분석되었다.(25) 그러나 위험요소 중 GCS 8점 이하인 경우와 두부 손상이 있는 경우는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않고 있는데 이는 Holly 등(28)이 발표한 중등도 이상의 두부손상 환자는 경추부 손상이 동반될 가능성이 크다는 연구결과와는 상충된 결과를 보인다. 하지만 이 연구결과는 두부외상 환자를 대상으로 경추부 손상의 발생을 조사한 것으로 경추부 손상의 환자에게 두부손상의 발생을 조사한 본 연구와는 연구 대상 분석에 차이를 보이고 있으며 일부 연구들에서 두부외상과 경추부 손상의 위험요인은 비슷하지만 실제로 두 외상간의 직접적인 관련은 없다는 결과와 일치한다.(17,20,21)

위험도가 의미 있게 나온 위험요소 중 현장진료에서 바로 알 수 있는 다발성 외상, 경추부 통증 및 압통, 신경학적 이상소견, 고에너지 기전 중 어느 한가지라도 해당되는 경우를 경추부 전산화 단층촬영의 선별검사의 기준으로 삼아 통계적 의미를 고찰하였다. 이에 해당되는 경우 민감도는 97%, 특이도는 24.7%, 음성예측율은 97.9%였다. Table 4의 결과를 보면 골절환자 중 16명(48.5%)에서, 27개의 병변 중 16개의 병변(59.3%)에서 단순방사선 검사로 골절을 진단할 수 없었으며 이중 4명의 환자는 수술적 치료가 필요한 정도의 중증환자였다. 이러한 단순방사선 검사의 오진율은 앞서 언급한 Bland 등(27)의 연구 결과와 일치하는 결과를 보이고 있다. 따라서 오진율을 줄이기 위해 경추부 전산화 단층촬영을 좀 더 적극적으로 고려할 필요가 있다. 그러나 이 연구에서 설정한 선별도구의 기준을 적용하였을 때 민감도와 음성예측율에 비해 특이도가 낮아 이 기준을 적용할 경우 과잉검사에 의한 의료비용의 증가가 우려되므로 일정 수준의 특이도를 확보하면서 신속하게 적용할 수 있는 선별검사의 기준에 대한 추가 연구가 필요하다.

단순 방사선 검사에서는 골절을 진단하지 못했지만 다채널 전산화 단층 촬영에서는 진단된 16명의 진단 및 치료를 Table 4에 나열하였다. 대상수가 적어 통계적 분석은 못했지만 환자들의 특징을 보면 주변 구조물에 의한 간섭으로 단순방사선 검사에서 잘 보이지 않는 추체와 추궁부위 외에도 극돌기, 횡돌기와 같은 주변의 간섭이 없는 부위도 단순방사선 검사에서는 골절을 진단 할 수 없는 경우가 있었다. 그리고 16명 중 4명의 환자들은 수술을 받아야 할 정도의 환자로서 진단의 지연 및 오진의 경우 합병증 및 장애의 발생이 가능한 환자였다.

이 연구의 제한점은 후향적 연구로서 연구대상수가 적다는 점이며 추후 전향적인 연구분석과 함께 다기관 연구가 필요하다. 연구 방법 중에 판독의 기준에 응급의학과

전공의 1인 및 전문의 1인의 판독을 기준으로 하였는데 이를 영상의학과 전문의의 판독을 기준으로 하면 판독의 오류가능성을 좀 더 줄일 수 있다. 그러나 현재 응급의료 체계의 현실에서 야간 및 휴일에 영상의학과 의 실시간 판독이 거의 불가능하다는 점을 고려해 볼 때 이러한 제한점은 어느 정도 상쇄될 수 있다. 그리고 다채널 전산화 촬영의 조기 적용을 위한 선별검사의 기준을 적용하였을 때 민감도와 음성예측도에 비해 특이도가 낮게 나와 추후 추가 연구를 통한 보완이 필요하다. 마지막으로 연구대상을 경추부 골절으로만 국한시켜 골절 없이 척추손상이 있는 경우가 배제되어 전체적인 경추부 손상의 예측을 광범위하게 포함시키지 못하였다.

## V. 결 론

경추부단순 방사선 검사는 시야의 제한등으로 인하여 골절진단이 지연되거나 간과되는 경우가 자주 발생하고 있기때문에 경추부 골절의 위험요소를 인지하여 이에 해당하는 경우 경추부 골절의 조기 진단을 위해 전산화 단층 촬영을 신속히 시행함이 바람직하다.

## REFERENCES

- 1) Death rates for the cause of death: Korea National Statistical Office. Available at: <http://www.nso.go.kr>. Accessed February 10 2011
- 2) Lee KJ. The necessity for a trauma surgeon and the trauma surgeon's role in the trauma care system. *J Korean Soc Traumatol* 2008;21:1-7.
- 3) 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;47:684-90.
- 4) Bracken MB, Freeman DH, Hellenbrand K. Incidence of acute traumatic hospitalized spinal cord injury in the United States, 1970-1977. *Am J Epidemiol* 1981; 113:615-22.
- 5) Fine PR, Kuhlemeier KV, DeVivo MJ, Stover SL. Spinal cord injury: an epidemiologic perspective. *Paraplegia* 1979;17:237-50.
- 6) Shingu H, Ohama M, Ikata T, Katoh S, Akatsu T. A nationwide epidemiological survey of spinal cord injuries in Japan from January 1990 to December 1992. *Paraplegia* 1995;33:183-8.
- 7) Berkowitz M. Assessing the socioeconomic impact of improved treatment of head and spinal cord injuries. *J Emerg Med* 1993;1:63-7.
- 8) Harris MB, Reichmann WM, Bono CM, Bouchard K, Corbett KL, Warholc N, et al. Mortality in elderly patients after cervical spine fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92:567-74.
- 9) Huang YH, Yang TM, LinWC, Ho JT, Lee TC, ChenWF, et al. The prognosis of acute blunt cervical spinal cord injury. *J Trauma* 2009;66:1441-5.
- 10) Davis JW, Phreaner DL, Hoyt DB, Mackersie RC. The etiology of missed cervical spine injuries. *J Trauma*. 1993;34:342-6.
- 11) Daffner RH. *Imaging of vertebral trauma*, 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1996:51-94
- 12) Nuñez DB Jr, Ahmad AA, Coin CG, et al. Clearing the cervical spine in multiple trauma victims: a time-effective protocol using helical CT. *Emerg Radiol* 1994;1:273-8.
- 13) Nuñez DB Jr, Zuluaga A, Fuentes-Bernardo DA, Rivas LA, Becerra JL. Cervical spine trauma: how much more do we learn by routinely using helical CT? *Radiographics* 1996;16:1307-18.
- 14) Davis JW, Phreaner DL, Hoyt DB, Mackersie RC. The etiology of missed cervical spine injuries. *J Trauma* 1993;34:342-6.
- 15) Reid DC, Henderson R, Saboe L, Miller JD. Etiology and clinical course of missed spine fractures. *J Trauma* 1987;27:980-6.
- 16) Rogers WA. Fractures and dislocations of the cervical spine: an end-result study. *J Bone Joint Surg* 1957;39: 341-76.
- 17) Williams J, Jehle D, Cottingham E, Shufflebarger C. Head, facial, and clavicular trauma as a predictor of cervical-spine injury. *Ann Emerg Med* 1992;21:719-22.
- 18) Jacobs LM, Schwartz R. Prospective analysis of acute cervical spine injury: a methodology to predict injury. *Ann Emerg Med* 1986;15:44-9.
- 19) Sinclair D, Schwartz M, Gruss J, McLellan B. A retrospective review of the relationship between facial fractures, head injuries, and cervical spine injuries. *J Emerg Med* 1988;6:109-12.
- 20) O'Malley KF, Ross SE. The incidence of injury to the cervical spine in patients with craniocervical injury. *J Trauma* 1988;28:1476-8.
- 21) Fischer RP. Cervical radiographic evaluation of alert patients following blunt trauma. *Ann Emerg Med* 1984;13:905-7.
- 22) Roberge RJ, Wears RC, Kelly M, et al. Selective application of cervical spine radiography in alert victims of blunt trauma: a prospective study. *J Trauma* 1988;28: 784-8.
- 23) Cadoux CG, White JD, Hedberg MC. High-yield roentgenographic criteria for cervical spine injuries. *Ann Emerg Med* 1987;16:738-42.
- 24) Hoffmann 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.
- 25) Stiell IG, Wells GA, Vandemheen K, Clement CM, Lesiuk H, De Maio VJ et al. Variation in emergency department use of cervical spine radiography for alert,

- stable trauma patients. CMAJ 1997;156:1537-44.
- 26) Daffner RH. Cervical radiography for trauma patients: a time-effective technique? AJR 2000;175:1309-11.
- 27) Bland WH, Iserson KV, Bjelland JC. Efficacy of the post-traumatic cross table lateral view of the cervical spine. J Emerg Med 1985;2:243-9.
- 28) Holly LT, Kelly DF, Counelis GJ, Blinman T, McArthur DL, Cryer HG: Cervical spine trauma associated with moderate and severe head injury: Incidence, risk factors, and injury characteristics. J Neurosurg (Spine 3) 2002;96:285-91.