

## 25인승 버스 전복사고의 탑승자 손상 분석

건국대학교 충주병원 응급의학과, <sup>1</sup>연세대학교 원주의과대학 응급의학교실, <sup>2</sup>교통안전공단 자동차안전연구원, <sup>3</sup>순천향대학교 부천병원 응급의학과, <sup>4</sup>건국대학교 충주병원 흉부외과

박상민, 김상철, 이강현<sup>1</sup>, 이재완<sup>2</sup>, 전혁진, 김호중<sup>3</sup>, 김진용, 곽영수, 이우성<sup>4</sup>

### - Abstract -

### Injury Analysis of a 25-passenger Bus Left-quarter Turn Rollover Accident

Sang Min Park, M.D., Sang Chul Kim, M.D., Kang Hyun Lee, M.D.<sup>1</sup>,  
Jae Wan Lee, Ph.D.<sup>2</sup>, Hyuk Jin Jeon, EMT., Ho Jung Kim, M.D.<sup>3</sup>,  
Jin Yong Kim, M.D., Young Soo Kwak, M.D., Woo Sung Lee, M.D.<sup>4</sup>

*Department of Emergency Medicine, School of Medicine, Konkuk University Chungju Hospital, Chungju, Korea*

*<sup>1</sup>Department of Emergency Medicine, Wonju College of Medicine, Yonsei University, Wonju, Korea,*

*<sup>2</sup>Passive Safety Research Office, Korea Automobile Testing & Research Institute, Korea Transportation Safety Authority, Hwaseong, Korea, <sup>3</sup>Department of Emergency Medicine, College of Medicine, Bucheon Hospital of Soonchunhyang University, Korea, <sup>4</sup>Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery,*

*School of Medicine, Konkuk University Chungju Hospital, Chungju, Korea*

**Purpose:** Rollover motor vehicle crashes have a higher injury severity and fatality than other motor vehicle crash types. From a left-quarter turn rollover accident of 25-passenger bus, we intend to assess the injury of the occupant and the injury severities according to the occupants' position.

**Methods:** We carried out the 3 steps investigation of occupants' interview, visiting the repair shop and using the police report. We analyzed injuries sustained by occupants, and compared injury severities considering column, row in occupant's position and passenger interaction

**Results:** The rollover involved 14 passengers in the bus who were all old women except a man driver. The most common injury was in the upper extremity, with six occurrences being a left clavicle fracture. Major injuries including hemothorax and pneumothorax were diagnosed at left side of the occupant. In the comparison of injury severity among driver's column (left side), mid column and passengercolumn, ISS of passenger column was the highest ( $9.9 \pm 7.4$ ,  $8.8 \pm 5.5$ , and  $10.3 \pm 4.0$ , respectively,  $p > 0.05$ ). The injury severity of multiple occupants by row was higher than that of single occupant ( $10.8$  vs.  $3$ ,  $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** An occupant must fasten their seat belt to prevent an injury by passenger interaction in the left-quarter turn rollover accident of a bus. [ J Trauma Inj 2014;27:50-56 ]

**Key Words:** Traffic accident, Automobiles, Injury severity score, Seat belts

\* Address for Correspondence : Sang Chul Kim, M.D.

Department of Emergency Medicine, School of Medicine, Konkuk University Chungju Hospital,  
82 kukwondaero, Chungju-si, Chungchoengbuk-do 380-704, korea

Tel : 82-43-840-8331, Fax : 82-43-840-8965, E-mail : ooiarahan@nate.com

Submitted : March 11, 2014 Revised : June 10, 2014 Accepted : July 8, 2014

## I. 서 론

국내 도로교통공단의 차량교통사고 통계분석에 의하면 2012년도에 발생한 차량 전도/전복사고는 교통사고 총 223,656건에서 1,477건(0.7%)으로 보고된다.(1) 미국의 경우 2005년 차량교통사고에서 전복에 의한 사고가 4.1% 비율을 차지했지만, 탑승자 사망사고에서 전복사고에 의한 것이 34.4%이었다.(2) 국내에서는 차량 주행시 단독사고에 의해 우측 및 좌측으로 90도 뒤집힌 경우를 전도사고, 180도 뒤집힌 경우를 전복사고로 정의하는데, 외국에서는 차량 단독사고에 의한 것 뿐 아니라 타차량 혹은 물체와 충돌한 후 차체의 횡축 및 종축을 기준으로 1/4 이상 회전한 것을 전복사고로 정의한다.(3) 도로교통공단에서는 사고유형별로 차대 사람, 차대차, 차량 단독, 건널목 사고로 분류하고 전도/전복은 차량단독 사고의 한 유형으로 구분하고 있는데, 차대차 사고에서 충돌 후 전복을 모두 포함한다면 전복사고는 훨씬 더 많을 것으로 추정된다.

차량전복 사고의 경우 다른 유형의 사고에 비해 탑승자의 손상 중증도가 더 크고, 탑승자 손상은 척추 손상이 흔하고, 전복시 지붕의 찌그러진 정도가 탑승자의 경추 손상이나 사망과 관련이 있다고 알려져 있다.(4-7) 탑승자의 승차 위치와 손상과 관련된 연구에서는, 탑승자가 안전벨트를 착용한 상황에서 전복될 때 회전력이 큰 쪽 승객, 즉 운전석으로 전복된다면 조수석 탑승자의 사망위험이 1.6배 더 높고, Injury Severity Score (ISS) 10점 이상의 중증손상을 입을 위험이 5.4배 더 높다고 한다.(8) 특히 탑승자의 안전벨트 미착용 상태에서는 전복시 탑승자가 차량 밖으로 튕겨나가게 된다면 더 큰 손상을 입게 된다. 차량전복 실험에서는 차량이 뒤집히는 횡수가 승객의 손상 중증도의 예측요소로도 알려져 있다.(9)

미국의 자동차 사고 국가분석통계 및 차량 실험 연구에 비해 국내의 차량사고 탑승자 손상 및 현장 환자 중증도 분류에 대한 연구가 미진하고, 특히 전복사고에서 탑승자 손상에 관한 연구는 거의 없어 국내 자료를 토대로 한 전복사고의 현장 중증도 분류 타당성에 대한 근거를 전혀 마련할 수 없는 실정이다. 따라서 저자들은 소형 버스 전복사고 1례에서 발생한 탑승자 손상유형 분석과 문헌고찰을 통해 국내 차량 전복사고와 관련된 연구의 기초를 마련하고자 한다.

## II. 대상 및 방법

이 연구는 25인승 버스 전복사고로 14명의 환자를 대상으로 한 것으로 건국대 충주병원 임상윤리위원회의 심의를 통과하였다. 사고파악을 위한 조사는 3단계에 걸쳐 실시하였다. 사고조사의 1단계는 환자가 연구병원 응급센터에 내원하였을 때 응급센터 소속 교통사고 조사원이 운전자를 대상으로 인터뷰를 실시하여 나이, 키, 몸무게, 탑승위치, 안전벨트

착용여부를 포함한 사고정보를 입수하였다. 2단계로 사고차량 정보는 사고차량이 보관되어 있는 공업사를 방문하여 차량 사진 촬영 및 내부조사를 통해 파악하였다. 사고차량 사진은 정면, 후면, 좌측면, 우측면을 기본으로 8부위의 외부사진을 촬영하였다. 내부 파손부위, 안전벨트 착용여부의 증거, 에어백 전개 유무를 포함한 내부사진도 수집하였다. 3단계로 경찰서에서 제공한 교통사고 사실 확인원을 통해 사고 개요 및 사고기전에 관한 추가 정보를 입수하였다.

환자의 손상분석은 환자의 진료가 종료되는 퇴원시점에서의 무기력을 통해 이루어졌다. 탑승자의 손상 중증도는 Glasgow coma scale (GCS), Revised trauma score (RTS), and ISS로 나타내었고, 탑승자 손상 중증도의 비교는 탑승자 좌석에 따라, 차량이 전복된 운전석 열 좌석과 가운데 열 좌석, 조수석 열 좌석으로 나누어 비교하였고, 탑승자 상호간의 충돌을 고려하여 동일행에서 단독 탑승자와 복수 탑승자의 손상을 비교하였다.

자료는 PASW 18 (IBM, Chicago, USA)을 이용하여 탑승자 나이, Body Mass Index (BMI), Maximal Abbreviated Injury Scale (MAIS), ISS의 연속변수는 평균 및 표준편차를 이용하여 나타내었고, 탑승좌석에 따른 손상중증도 비교는 두 그룹 간에는 Mann-Whitney U test, 세 그룹 간에는 Kruskal-Wallis test를 이용하여 나타내었고  $p$ 값이 0.05 미만을 통계적 유의성이 있는 것으로 해석하였다.

## III. 결 과

### 1. 사고개요

초여름 오전 6시35분께 여주시 가남면 금당리 중부내륙고속도로 마산지점 상행선 262.5 Km 지점 노상에서 양평방면 1차로로 진행하던 아반떼 승용차가 우측 2차로로 진로를 변경하는 과정에서 차량 조작을 제대로 하지 못해 중심을 잃고 주행차로를 이탈하며 갓길 철제 보호난간을 우측 앞 펜더(fender) 부분으로 부딪혔다. 이후 좌측으로 진행하다 마침 1차로 직진 중이던 소형버스 우측 뒷바퀴 부분을 좌측 전면 부분으로 충격하여 소형버스가 중심을 잃고 180도 가량 회전 후 2차로 상에 운전석 방향으로 90도 전복되어 발생한 사고이다(Fig. 1).

### 2. 사고차량조사

사고차량은 4열 7행의 좌석으로 배치되어 있고, 3열은 간이석으로 되어 있는 25인승 버스(County Super<sup>®</sup>, Hyundai, Korea)로 운전석 측면 쪽으로 전복되면서 고속도로에서 주행하던 차량 속도에 의해 심하게 미끄러져 쏠린 흔적이 보였다. 전복 당시 충격에 의해 차량 앞과 뒷부분의 지붕이 일부

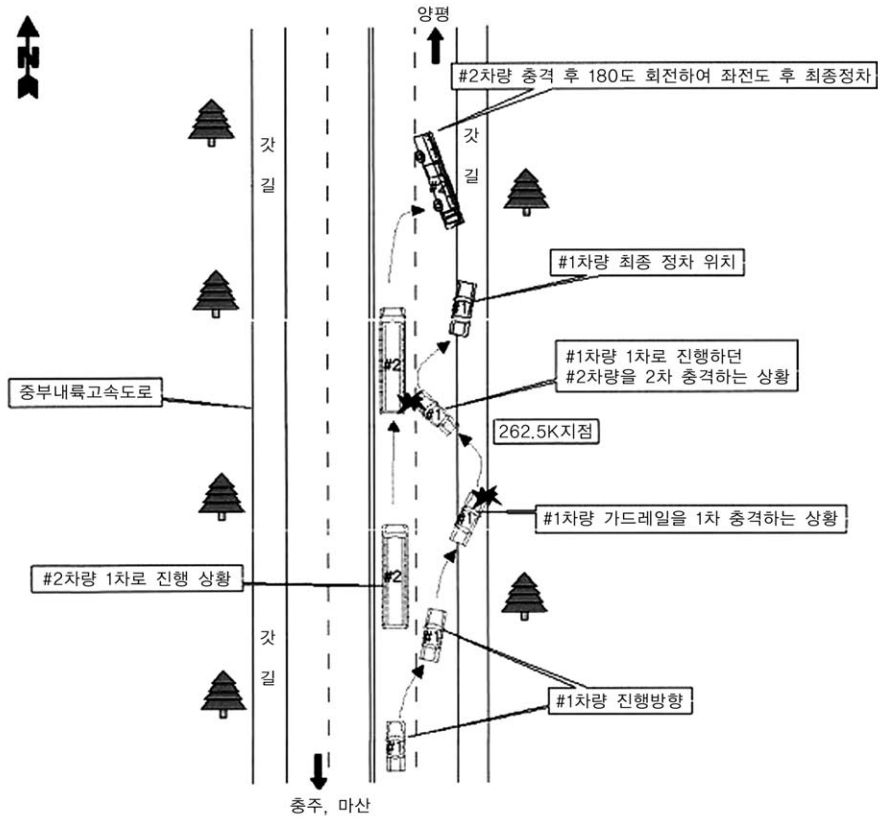


Fig. 1. Accident schematic diagram.



Fig. 2. Exterior and interior photo of a 25-passenger bus. ((A) left side of vehicle, the scratches and broken windows shows the evidence of one quarter turn rollover accident. (B) the site of roof collapse lies at the rear of the bus cage)

합입(collapse)되어 있었고, 정면과 후면 운전석 측면 창문은 모두 파손된 상태였다(Fig. 2).

### 3. 환자의 일반적 특성과 진단명 및 손상 중증도 비교

버스 탑승자는 14명으로 운전자를 제외하고는 모두 여자

이었고, 평균나이는 68.1세, 평균 BMI는 22.4이었다. 손상 중증도에서 평균 MAIS는 2.4점이었고, 평균 ISS는 9.6점이었다. 전복된 방향인 운전석 쪽 열의 탑승자는 7명이었고, 둘째 열은 3명, 셋째 열은 1명, 조수석 열은 3명이었다. 첫째 행 운전자와 다섯째 행 운전석 쪽 탑승자는 단독으로 승차하였고 그 외 행은 여러 명이 승차하였는데, 제 3열의 간이석

**Table 1.** Summary of injured occupants in the mini-bus at the time of the crash.

Case	Sex	Age	BMI*	Position	Seat Belt	Air Bag Deployment	GCS <sup>†</sup>	cRTS <sup>‡</sup>	MAIS <sup>§</sup>	ISS <sup>  </sup>
1	Male	58	30.8	Driver's side	Yes	No	15	7.84	1	3
2	Female	70	20.0	Row 2 driver's side	No	No	15	7.84	3	17
3	Female	67	20.0	Row 2 passenger's side	No	No	15	7.84	2	6
4	Female	63	21.1	Row 3 driver's side	No	No	15	7.84	2	5
5	Female	74	22.0	Row 3 mid side	No	No	15	7.84	2	6
6	Female	73	16.0	Row 4 driver's side	No	No	15	7.84	3	14
7	Female	67	24.0	Row 4 mid side	No	No	15	7.84	3	17
8	Female	73	24.4	Row 4 passenger's side	No	No	15	7.84	3	14
9	Female	57	19.8	Row 5 driver's side	No	No	15	7.84	1	3
10	Female	68	25.4	Row 6 driver's side	No	No	15	7.84	2	6
11	Female	74	18.2	Row 6 passenger's side	No	No	15	7.84	3	11
12	Female	67	26.7	Row 7 driver's side	No	No	15	7.84	4	21
13	Female	75	22.9	Row 7 mid side	No	No	15	7.84	2	6
14	Female	67	21.6	Row 7 mid side	No	No	15	7.84	2	6
Mean ± SD <sup>¶</sup>		68.1 ± 5.7	22.4 ± 3.8				15.0 ± 0.0	7.84 ± 0.0	2.4 ± 0.8	9.6 ± 5.9

\* BMI: body mass index

† GCS: Glasgow coma scale

‡ cRTS: coded revised trauma score

§ MAIS: maximal abbreviated injury scale

|| ISS: injury severity score

¶ SD: standard deviation

**Table 2.** Injury sustained and diagnosis according to occupant position in the bus.

Injury sustained	Diagnosis	Position			Total Number of diagnosis	Total Number of subject
		Driver's side (N=7)	Mid side (N=4)	Passenger's side (N=3)		
Head	Cerebral concussion	2	4		6	6
	Scalp laceration	1 (L*)			1	
Face	Contusion	1	1	1	3	3
Neck	Cervical sprain	5	1	3	9	9
	Contusion, Lt.		2 (L)		2	
Thorax	Rib fracture	3 (L)		2 (L)	5	7
	Pneumothorax	1 (L)			1	
	Hemothorax	1 (L)		1 (L)	2	
Thoracic spine	Compression fracture	1	1		2	2
Abdomen	Contusion		1 (L)		1	1
Lumbar spine	Lumbar strain	3	1		4	6
	Compression fracture			1	1	
Upper extremity	Shoulder sprain		3 (L, R <sup>†</sup> , B <sup>‡</sup> )		3	11
	Shoulder contusion	2 (L)		1 (L)	3	
	Shoulder abrasion					
	Hand tendon injury	1 (L)			1	
	Rotator cuff muscle rupture	1 (R)			1	
Lower extremity	Clavicle fracture	4 (L)	1 (L)	1 (L)	6	4
	Calf contusion	1 (R)			1	
	Thigh contusion	1 (L)		1 (L)	2	
	Hip contusion	1 (B)			1	
	Hip abrasion	1 (B)			1	
	Pelvic fracture			1 (R)	1	

\* L: left

† R: right

‡ B: both

**Table 3.** The comparison of injury severity score by body mass index, seat location and number of passenger in the same row.

Variable	Number of passengers	ISS*	p value
BMI†	<22	7	8.9 ± 5.2
	>22	7	10.4 ± 6.9
Seat-1	Driver's side	7	9.9 ± 7.4
	The others' side	7	9.4 ± 4.6
Seat-2	Driver's side	7	9.9 ± 7.4
	Mid side	4	8.8 ± 5.5
	Passenger's side	3	10.3 ± 4.0
Number of passenger in the same row	Single	2	3.0 ± 0.0
	Multiple	12	10.8 ± 5.6

\* ISS: injury severity score

† BMI: body mass index

p value by Mann-Whitney test† and Kruskal-Wallis test‡

자리는 탑승자가 없었고 제 3, 4, 7행은 첫째와 둘째 열에 나란히 승차하였다. 운전자 외에는 사고당시 안전벨트를 착용하지 않았다(Table 1). 탑승자의 손상부위는 상지부위가 11명으로 가장 많았고, 그 외 경부 9명, 흉부 7명, 두부 및 요추 6명 순이었다. 특히 좌측 쇄골골절이 6명에서 발생하였고, 늑골 골절을 동반한 기흉 및 혈흉도 모두 좌측에서 발생하였다(Table 2). BMI에 따른 ISS 비교에서 22이상 군에서 ISS가 높았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 좌석배치에 따른 손상의 비교에서 전복이 유발된 운전석 열 탑승자의 ISS 평균은 9.9점, 중간석 열은 8.8점, 조수석 열은 10.3점으로 조수석 열의 ISS 평균이 가장 높았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었고, 운전석 열 탑승자와 그 외 좌석 탑승자의 비교도 마찬가지로 통계적 유의한 차이가 없었다(각각 9.9±7.4 vs 9.4±4.6, p=0.646). 좌석행 기준으로 단독탑승자와 복수탑승자의 손상 중증도 비교에서는 ISS 3점과 10.8±5.6점으로 복수 탑승자가 중증도가 높았다(p<0.05, Table 3).

#### IV. 고 찰

3단계의 조사과정을 통한 사고의 분석에서 평균 68세의 고령, 안전벨트 미착용 탑승객 13명을 포함한 14명이 승차했던 25인승 버스는 타 차량과 충돌 후 운전석 방향으로 90도 전복(one quarter turn)되면서 전복사고 당시 운전석 열 쪽으로의 충격에 의해 탑승자는 주로 좌측부위 손상이 흔했고, 손상부위는 상지가 가장 많았으며, 버스좌석의 동일행에서 복수로 탑승한 승객의 손상 중증도가 높은 것을 알 수 있었다.

2012년 소방방재청에서 제작된 119 현장응급처치 표준지침의 중증외상환자 현장분류 제 3단계의 손상기전에 따른 기준에서 차량 전복사고를 고위험 교통사고로 분류하여 전복사고로 인한 탑승자를 중증외상환자로 분류하여 지역응급외상센터 이상의 의료기관으로 이송하도록 지침을 마련하고 있다.(10) 그러나 일찍이 미국 Centers for Disease Control and Prevention (CDC) 2006년 field triage의 개정과정에서 차량전복사고가 제 3단계 손상기전의 위험요인에서 제외되었다. 여러 학문분야의 전문가 검토에 의한 개정이었지만, Champion 등은 전복사고가 비전복 사고에 비해 사망 위험이 15배 이상 높기 때문에 외상환자의 현장분류에서 전복사고가 제외된 것은 적절치 않다고 주장하였다.(3)

차량전복사고에서 탑승자의 손상 중증도는 전복의 종류 및 탑승자의 안전벨트 착용여부에 따라 다르다. 통학버스 전복으로 안전벨트 미착용 탑승자였던 9세에서 14세 사이의 학생 12명의 손상에 관한 보고가 있는데, 흔한 손상부위는 상지, 하지, 경부, 두부 순으로 저자들의 연구 결과와 유사하게 상지가 가장 흔한 손상을 보였고, 또한 좌측 전복사고로 인해 탑승자의 손상이 신체 왼쪽부위, 두부, 경부, 견부에 많이 발생하였다.(11) 이 통학버스 전복사고에서는 두부손상으로 인한 1명의 사망사례가 있었는데 전복당시에 창문 위 금속재질에 부딪힌 것으로 조사되었다. 전복 횡수를 1/4 회전(전도, one quarter turn), 1/2 회전(뒤집힘, two quarter turn), 3/4 이상(≥three quarter turn)의 중증 회전으로 나눌 때, 1/4 회전에서는 사망률이 낮고 중증회전의 경우 사망률이 더 높다고 한다.(12) 이는 1/2이상 전복될 때 발생할 수 있는 지붕의 찌그러짐과도 관련이 있을 것이다.

버스전복이 1/4 회전이었지만 탑승자의 평균 손상중증도 계수가 9.6점으로 높았던 것은 탑승자 대부분이 고령이었고, 운전자를 제외한 모든 탑승자가 안전벨트를 착용하지 않았기 때문이다. 또 다른 버스 전복사례로 좌측 1/4 회전으로 인한 46명의 탑승자손상 사고가 있었는데, 탑승자의 중증손상에 의한 진단명으로 골반골절, 혈흉, 지주막하 출혈의 두부손상이 있었고, 2명의 사망자가 발생하였던 사고이었다. 이 전복 사례 연구에서는 65세 이상의 고령의 탑승자, 차량이 전복된 방향인 좌측에 위치한 탑승자가 좌측 전복사고시 중증손상을 입을 위험이 더 높은 것으로 판명되었다.(13)

차량전복사고의 연구에서 탑승자의 체질량 지수가 높을수록 경추손상 및 중증손상이 높다고 알려져 있는데, 체질량 지수가 30이상이면 체질량 지수가 25이하인 탑승자에 비해 경추손상위험이 3.2배, 사망위험이 5.9배 높다고 한다.(7) 이 연구에서도 체질량 지수에 따른 손상중증도가 비례하는 경향성은 보였으나 운전자를 제외한 모든 탑승자들의 체질량 지수가 30이하이었고 평균 체질량지수가 22.4로 낮아 통계적으로 유의한 결과는 보이지 않았다.

차량사고에서 안전벨트 착용의 중요성에 대해서는 잘 알려져 있는데, 전복사고시 벨트를 착용하지 않은 탑승자가 중증손상 발생률이 5배 더 높다.(4) 특히 안전벨트 미착용 상태에서 전복사고가 발생하게 되면 옆 좌석 승객에게 손상을 가할 가능성이 발생한다. 이 연구 결과에서도 같은 좌석행에서 단독탑승자의 손상중증도가 낮았고, 복수탑승자가 있었던 행의 나란히 앉은 탑승자는 우측 탑승자에 의한 것으로 추정되는 신체 오른쪽 부위 손상이 있었다. 46명의 버스 전복사례에서도 좌측으로 전복되면서 차량 좌측 좌석 탑승자는 차량 내부 충격에 의해 입은 손상과 더불어 바로 우측좌석 탑승자에 의해 깔리면서 발생한 손상으로 더 심한 손상이 발생하였다.(13) Parentuau은 차량 전복 실험을 통한 실험에서 탑승자의 두부손상은 천장, pillar, 버스손잡이 등의 내부구조에 의해 발생하고, 흉부손상은 운전대나 의자, 바닥구조 등에 의해 발생하는데, 안전벨트를 장착하지 않은 상태에서는 승객간의 상호 충돌에 의해 추가적인 손상이 발생할 수 있다고 했다.(14) 따라서 전복사고시 안전벨트를 착용하지 않으면 자신 뿐 아니라 타인에게도 손상을 가할 수 있게 되므로, 2012년 11월 24에 개정된 여객자동차 운송 사업법 시행령의 규정에 따라 광역 급행형 시내버스 및 시외버스 탑승 시에도 반드시 안전벨트를 착용해야한다.

버스는 탑승자가 많을수록 차량 무게 중심 높이가 증가하여 정적안정성이 낮아지게 되어 전복위험이 높아진다.(15) 또한, 버스 전복사고에서는 버스의 탑승인원에 따라 대량재해로 연결될 수 있으므로 현장 중증도 분류도 고려해야 한다. 안전벨트 미착용으로 인한 차량에서 튕겨나 탑승자, 전복시 원심력이 더 크게 작용하는 좌석, 차량 전복시 회전수 및 지붕의 찌그러짐 유무는 전복사고에서 중증손상과 관련

있는 요소로 알려져 있다.(8,9,16,17) 그리고, 안전벨트를 착용하지 않은 상태에서는 전복의 방향에 따른 탑승자의 손상차이와 승객의 상호작용에 의한 손상가중 가능성도 생각해야 한다.

25인승 버스 전복사고로 인한 14명의 탑승자 손상에 대한 분석결과를 전복사고에 관한 이론으로 일반화하기에는 다소 무리가 있으나, 저자들의 연구결과를 바탕으로 향후 차량 전복사고의 국내 역학적 특성 및 현장 환자 중증도 분류를 위한 위험요소 파악을 위한 연구가 진행되어야 할 것이다.

## V. 결 론

25인승 버스의 운전석 측 1/4 회전(one quarter turn) 전복사고에서 조수석 옆 탑승자의 손상 중증도가 높은 경향을 보였고, 상지손상이 흔했으며 안전벨트 미착용에 의한 승객간 상호작용에 의해 동일 좌석 행 복수 탑승자의 손상 중증도가 더 높았다. 버스 전복사고에서 탑승자 상호간의 충격에 의한 손상을 줄이기 위해 전 좌석 안전벨트 착용이 반드시 필요하다.

## REFERENCES

- 1) Available at [http://www.koroad.or.kr/kp\\_web/accStatReport.do](http://www.koroad.or.kr/kp_web/accStatReport.do) Accessed May 8. 2014
- 2) Bidez MW, Cochran JE Jr, King D, Burke DS 3rd. Occupant dynamics in rollover crashes: influence of roof deformation and seat belt performance on probable spinal column injury. *Ann Biomed Eng* 2007; 35: 1973-88.
- 3) Champion HR, Lombardo LV, Shair EK. The importance of vehicle rollover as a field triage criterion. *J Trauma* 2009; 67: 350-7.
- 4) Singleton M, Qin H, Luan J. Factors associated with higher levels of injury severity in occupants of motor vehicles that were severely damaged in traffic crashes in Kentucky, 2000-2001. *Traffic Inj Prev* 2004; 5: 144-50.
- 5) O'Connor P. Injury to the spinal cord in motor vehicle traffic crashes. *Accid Anal Prev* 2002; 34: 477-85.
- 6) O'Connor PJ, Brown D. Relative risk of spinal cord injury in road crashes involving seriously injured occupants of light passenger vehicles. *Accid Anal Prev* 2006; 38: 1081-6.
- 7) Funk JR, Cormier JM, Manoogian SJ. Comparison of risk factors for cervical spine, head, serious, and fatal injury in rollover crashes. *Accid Anal Prev* 2012; 45: 67-74.
- 8) Jehle D, Kuebler J, Auinger P. Risk of injury and fatality in single vehicle rollover crashes: danger for the front seat occupant in the "outside arc". *Acad Emerg Med* 2007; 14: 899-902.
- 9) Digges K, Eigen A. Classification of rollovers according to crash severity. *Annu Proc Assoc Adv Automot Med* 2006; 50: 141-53.
- 10) Available at [http://www.prism.go.kr/homepage/researchCommon/retrieveResearchDetailPopup.do?research\\_id=166000-201200020](http://www.prism.go.kr/homepage/researchCommon/retrieveResearchDetailPopup.do?research_id=166000-201200020) Accessed May 8. 2014.

- 11) Lapner PC, Nguyen D, Letts M. Analysis of a school bus collision: mechanism of injury in the unrestrained child. *Can J Surg* 2003; 46: 269-72.
- 12) Matolcsy M. Lessons and Conclusions-Learned from the Analysis of Bus Rollover Accident. 2003. Available at <http://www.unece.org/trans/doc/2003/wp29grsg/TRANS-WP29-GRSG-84-inf04e.pdf> Accessed May 8. 2014.
- 13) Chang WH, Guo HR, Lin HJ, Chang YH. Association between major injuries and seat locations in a motorcoach rollover accident. *Accid Anal Prev* 2006; 38: 949-53.
- 14) Parenteau CS, Viano DC, Shah M, Gopal M, Davies J, Nichols D, et al. Field relevance of a suite of rollover tests to real-world crashes and injuries. *Accid Anal Prev* 2003; 35: 103-10.
- 15) Kallan MJ, Jermakian JS. SUV rollover in single vehicle crashes and the influence of ESC and SSF. *Ann Adv Automot Med* 2008; 52: 3-8.
- 16) Parenteau, CS, Shah M. Driver injuries in US single-event rollovers. Society of Automotive Engineers. 2000 Available at <http://am.delphi.com/pdf/techpapers/2000-01-0633.pdf> Accessed May 8. 2014.
- 17) Conroy C, Hoyt DB, Eastman AB, Erwin S, Pacyna S, Holbrook TL, et al. Rollover crashes: predicting serious injury based on occupant, vehicle, and crash characteristics. *Accid Anal Prev* 2006; 38: 835-42.