◎ 논 문

전복사고에서의 탑승자 손상중증도에 미치는 요인 분석

전혁진* · 김상철* · 이강현** · 김호중***

Factors affecting injury severity of occupant in rollover accident

Hyuk Jin Jeon*, Sang Chul Kim*, Kang Hyun Lee**, Ho Jung Kim***

Key Words : Rollover accident(전복사고)t, Occupant injury(탑승자손상), Traffic accident(교통사고)

ABSTRACT

Fatality of accidents on curved roads where rollover accidents are likely to take place was higher than that on straight roads. We ought to investigate factors affecting injury severity of occupant in a vehicle rollover accident. From January 2011 to December 2013, we collected data about rollover motor vehicle crash accident. We surveyed occupant's injury, vehicle type, safety devices, type of rollover accident and the number of turn in accident. Of the 132 subjects, 56.1% were males, 50.8% were drivers, 48.5% fastened seat belt, and air bag deployed in 12.1%. Among injuries sustained head, chest and abdomen were major sites of severe injury(Abbreviated injury scale>2). Seat belt use, rollover type, and the number of 1/4 turn were found to have significant positive correlations with Injury Severity Score. The regression analysis herein found significance in safety belt use and the number of 1/4 turn. Seat belt use was a significant factor affecting injury severe of occupant in rollover accident.

1. 서 론

국내 급속한 경제발전과 더불어 국내 차량 등록대수는 2013년 1,940만대로 최근 10년간 30.0% 증가하였고, 차량의 증가로 인해 교통사고 발생도 증가하게 되었다(1). 1991년 정점이었던 교통사고 사망자수는 정부의 교통사고 줄이기 운동 등으로 인하여 지속적으로 감소추세가 되어 13년 만인 2004년 6,563명으로 반감기에 진입하게 되었으나, 2012년 교통사고로 인한 부상자가 344,565명, 사망자가 5,392명으로 경제협력개발기구(Organisation for Economic Co-operation and Development) 가입국에서 상위권에 위치해 있다(2).

2012년도 도로 선형별 사고 발생 현황을 보면 직선도로와 커브·곡각의 발생 비율은 9:0.7정도로 커다란 차이가 나지만 치사율의 비율을 보면 2.1:6.6으로 커브·곡각에서의 사고에서 인명피해가 더 큰 것으로 확

Table 1. Traffic accidents by road linear

Division	Total	Curve	Straight	etc.
Accident	223,656	15,932 (7.1%)	205,152 (91.7%)	2,572 (1.2%)
Death	5,392	1,054 (19.5%)	4,308 (79.9%)	30 (0.6%)
Injury	344,565	26,111 (7.6%)	315,032 (91.4%)	3,422 (1.0%)
Fatality	2.4	6.6	2.1	1.2

* 건국대학교 충주병원 응급의학과
** 연세대학교 원주세브란스기독병원 응급의학과
*** 순천향대학교부속 부천병원 응급의학과
E-mail : ohooms@hanmail.net

인된다(3).(Table 1) 커브·곡각의 사고는 주행 중 차량이 곡선부 외측으로 원심력이 작용하게 되어 미끄러지거나 전복되는 경우가 대부분이다(4).

외국에서는 차량전복 사고 시 지붕의 침입(intrusion)을 고위험교통사고로 인식하여 탑승자 부상 시 외상센터로 이송하는 기준으로 삼고 있다(5). 하지만, 국내에서는 전복사고에 대한 연구가 미진하고, 전복사고로 인한 환자의 손상유형이나 중증도에 관한 외국의 자료를 활용하기에는 국내 교통 환경이 외국과 달라서 제한이 있다. 따라서 본 연구에서는 차량전복사고에서의 탑승자 손상 중증도에 영향을 미치는 요인들을 찾고자 한다.

2. 연구대상 및 방법

2011년 1월부터 2013년 12월까지 연구 병원 응급의료센터로 내원한 차량교통사고에서 전복사고로 인해 119 구급차로 이송된 탑승자를 대상으로 하였다.

탑승자의 인터뷰 및 사고차량의 사진촬영을 통해 사고 정보를 획득하여, 연구병원에서 작성한 교통사고 현장기록표에 사고차량의 연식 및 사고 정황, 에어백 전개여부 착용 등의 사고 정보, 탑승자의 연령, 성별, 안전벨트 착용여부, 손상정도(Abbreviated injury scale, AIS) 등의 탑승자정보를 기록하고 사고 차량의 직접 조사한 사진 자료를 바탕으로 추가 정보를 기록하였다. AIS 점수는 병원에서 시행한 방사선 검사를 이용하여 확인된 최종 진단명과 의무기록을 통하여 응급의학과 전문의의 검토를 통해 최종 확정되었다. 대상자의 AIS를 두부, 안면부, 경부, 흉부, 복부, 상지, 하지, 외부의 9개로 분류하였다.

차량은 Sedan, Sport Utility Vehicle (SUV), Truck, Van의 4 종류로 분류하였으며 초기 전복의 분류는 NHTSA-CDS에서 활용하고 있는 분류 방법을 사용하여 Trip over, Flip over, Turn over, Climb over, Fall over, Bounce over, Collision of another vehicle, Other roll over initiation type, End over end, Unknown의 10가지로 분류하였다.

전복은 회전수를 이용한 NHTSA-CDS의 분류 방법에 따라 90도 회전을 1 quarter turn, 180도 회전을 2 quarter turn, 270도 회전을 3 quarter turn으로 하였으며 360도 이상의 회전은 4 quarter turn으로 기입하여 분류하였다(6).

전복사고 대상자의 일반적 특성을 빈도분석으로 확인하였으며 손상부위 별 AIS 평균을 빈도분석으로 확인하였고 Injury Severity Score (ISS)와 안전장치, 회전횟수와 전복유형간의 상관성을 확인하기 위해 상관분석하였으며 환자의 중증도(ISS)에 영향을 미치는 영향을 알아보기 위해 선형 다중회귀분석을 하였다.

3. 결과

2011년 1월부터 2013년 12월까지 건국대 충주병원 응급의료센터로 내원한 교통사고 환자 중 전복사고 환자는 총 132명이었다. 이 중 남자는 74(56.1%)명이었으며 여자는 58(43.9%)명)이였고 평균나이는 46.5세였다. 운전자는 67(50.8%)명이었으며 동승자는 65(49.2%)명이었다.

안전벨트의 착용 유무에서 착용 자 및 미착용자는 각각 64(48.5%)명이었으며 안전벨트 착용 여부를 알 수 없는 대상자는 4명(3.0%)이었다. 사고차량 조사에서 에어백은 16(12.1%)명에서 전개되었다.(Table 2)

차량의 유형은 세단 47명(35.6%), SUV 34명(25.8%), 트럭 30명(22.7%), Van 21명(15.9%) 순이었고 전복유형은 Collision of another vehicle 37명(28.0%), Fall over 33명(25.0%), Bounce over 28명(21.2%), Turn over 13명(9.8%) 순이었다.(Table 3)

탑승자의 손상에서 연구대상의 평균 AIS는 머리 2.1점, 흉부 2.4점, 복부 2.4점이었고, 평균 Maximal Abbreviated injury scale(MAIS)는 2.2±1.3, ISS는 평

Table 2. The general characteristics of roll over accident occupant

Age (mean±SD, in years)	46.5	
Gender	Male	74(56.1%)
	Female	58(43.9%)
Seating position	Driver	67(50.8%)
	passenger	65(49.2%)
Seat belt use	Fastened	64(48.5%)
	Unfastened	64(48.5%)
	Unknown	4(3.0%)
Air bag deployment	Deployed	16(12.1%)
	Not deployed	116(87.9%)

Table 3. Car type and Roll over accident type

Vehicle type	Sedan	47(35.6%)
	SUV*	34(25.8%)
	Truck	30(22.7%)
	Van	21(15.9%)
Roll over type	Collision of another vehicle	37(28.0%)
	Fall over	33(25.0%)
	Bounce over	28(21.2%)
	Turn over	13(9.8%)
	End over end	3(2.3%)
	Climb over	2(1.5%)
	Trip over	2(1.5%)
	Other roll over initiation type	2(1.5%)
	Flip over	1(0.8%)
	Unknown	11(8.4%)

균 12.8±16.0이었다. 목의 경우에는 0점으로 나타났는데 경추손상의 경우에는 척추부위로 포함되어 있어 이러한 결과가 나타났다.(Table 4)

* SUV: Sport utility vehicle

안전벨트사용, 에어백전개, 자동차 종류, 전복 유형, 회전횟수와 ISS의 상관관계에서 안전벨트사용, 전복유형, 회전횟수에서 통계적으로 유의성이 있었고 상관관계계수는 .263에서 .183으로 낮은 정(+)의 관계를 갖는 것으로 나타났다.(Table 5)

Table 4. Abbreviated injury scale of vehicle occupant by roll over accident

Part of the body	AIS	MAIS	ISS
Head	2.1±1.5	2.2±1.3	12.8±16.0
Face	1.4±0.7		
Neck	0		
Chest	2.4±1.4		
Abdomen	2.4±0.9		
Spine	1.6±0.8		
Upper Extremity	1.5±0.5		
Lower Extremity	1.8±1.2		
External	1.8±1.8		

Table 5. Correlation analysis of injury severity score and seat belt, air bag, car type, roll over type, quarter turn.

ISS	Correlation coefficient	p-value
ISS	1	-
Seat belt use	.263	.001
Air bag deployment	.061	.249
Vehicle type	-.012	.446
Roll over type	.183	.020
Number of 1/4 turn	.189	.017

ISS에 영향을 주는 요인을 찾기 위하여 회귀분석을 진행하였고 공차와 VIF는 1에 가까운 값을 보여 다중공선성은 없는 것으로 나타났으며 표준화 회귀계수(β)로 각 요인들의 영향력을 살펴본 결과, 안전벨트에서.290으로 가장 큰 영향을 미치며 통계적으로도 유의하였고 그 다음으로는 전복 유형으로 .165의 영향력을 미치지만 통계적으로 유의하지는 않았다. Quarter turn은 표준화계수는 낮았지만 $p<0.1$의 유의성을 보였다. ISS에 영향을 미치는 5가지의 요인의 설명력은 12.3%로 낮은 값을 보였다.(Table 6)

Table 6. Multiple regression analysis of injury factor of Injury severity score

	Unstandardized coefficients		standardized coefficients	t
	β	SE	β	
Seat belt use	9.096	2.956	.290	3.077**
Air bag deployment	1.824	4.398	.038	.415
Vehicle type	-1.577	1.351	-.111	-1.167
Roll over type	2.842	1.612	.165	1.762
Number of 1/4 turn	.036	.053	.065	.691*

$F = 3.391^{**}$ $R^2 = .123$
** = $p < .05$ * = $p < .10$

4. 고찰

전복사고에서 안전벨트 착용 여부가 손상 중증도에 영향을 미치는 요인이었는데 안전벨트를 착용한 탑승자는 전복사고 시 차량내부 및 지붕과의 충돌을 예방하는 효과를 가지므로 이로 인해 손상을 감소시킬 수 있다.

전복사고는 차량 내 천정이 내부로 침입하여 탑승자의 머리와 목에 큰 손상을 줄 수 있다. 특히 180도 이상의 전복에서는 천정이 지면과 직접적으로 충돌하여 내부 침입이 더 빈번하게 일어나며 더 깊을 것으로 생각되어 진다. 이런 천정 내부 침입으로 인한 손상을 예방하기 위하여 "Roof Crush Resistance"에 대한 연구가 진행되고 있다.(9)

에어백은 전복사고 시 탑승자 손상에 안전장치로써의 역할을 하지 못하는 것으로 나왔는데 이는 전복사고에서는 에어백 전개가 되지 않는 경우가 많이 발생하여 이러한 결과가 나타났다.

차량에 종류에 따라서도 탑승자 손상에 영향을 줄 것이라 예상되었지만 그렇지 않는 결과가 나왔다. SUV나 트럭의 경우에는 차량의 무게중심이 위쪽에 있어 전복되기 쉽기 때문에 사고가 많이 발생하고 손상 또한 심각할 것으로 예상되었으나 그렇지 않은 것으로 나타났다. 승용차의 경우 무게중심이 낮아 전복되기가 쉽지 않다. 승용차가 전복이 되었다면 그만큼 큰 에너지가 사고 시 발생하여 차량을 전복시켰을 것이라 예상된다.

전복사고의 종류 또한 손상 중증도와 관련이 있었고, 전복사고로 인한 손상 중증도는 두부, 흉부, 복부에서 컸지만, 전복사고의 기전이 다양하여 전복사고로 인한 탑승자 손상의 특징의 관련성 분석은 쉽지 않다.

전복 시 차량의 회전 횟수 또한 탑승자 손상에 영향을 주는 인자로 확인하였는데 $p<0.1$일 때 유의하게 나와 영향 요인으로 확인하였지만, 표준화 회귀계수 값이 0.65로 탑승자 손상에 미치는 영향력은 낮은 것으로 확인되었다. 연구 진행 중 사고 당시 차량의 속도가 빠른 상태에서 전복이 되었다면 회전 횟수가 많이 발생할 것이고 이로 인하여 손상도 심각할 것으로 생각되었으나 fall over나 turn over시 속도가 적어도 쉽게 회전되는 경우가 있어서 이러한 결과가 나타난 것으로 생각되어 진다.

본 연구에서는 전복사고로 인한 손상부위 및 손상 중증도에 영향을 미치는 요인을 알아보았는데 사고결과를 바탕으로 전문가 의견일치를 통한 전복사고의 분류를 하였기 때문에 사고 당시 현장과 차량을 직접 조사하는 외국보다 정확하지 못할 것으로 생각된다.

전복사고에서 손상에 미치는 요인에 대한 정확한 연구를 진행하기 위해서는 많은 양의 자료가 필요할 것으로 예상되는데 이러한 대량 자료 수집과 분석을 위해서는 일부 선진국의 교통사고 정보수집체계처럼 정부주도의 조사체계 확립과 신속하고 정확한 사고 정보 획득이 이루어져야 할 것이다.

5. 결 론

차량전복사고로 인한 총 132명의 대상자에서 전복사고로 인한 손상은 머리, 가슴, 복부에서 중증도가 높았고, 손상중증도와 안전벨트사용, 전복유형, 회전횟수는 정(+)의 상관관계를 갖는 것으로 확인되었으며, 손상 중증도에 영향을 미치는 요인으로는 안전벨트사용임이 확인되었다.

전복사고는 사고기전의 다양함으로 인하여 인체상해를 예측하는데 많은 어려움이 있다. 또한 우리나라는 외국처럼 체계적인 차량 조사가 이루어지지 않고 있어 자료의 질이나 양 모두가 부족한 상황이다. 이에 전복에 대한 추가적인 연구와 차량사고의 인체사고에 대한 질적 향상을 위해서는 우리나라의 차량사고 조사에 대한 법적, 행적적인 조치가 필요하며 이를 바탕으로 대량 자료를 획득하여 전복 및 기타 차량 사고에 대한 추가적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

(1) e-나라지표 Available at: http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1257 Accessed April 05, 2014.
(2) 경찰청, 교통사고 발생 현황, 2000~2012
(3) 경찰청, 도로 선형별 사고 발생 현황, 2012
(4) 강현건, 2004, 차량전복(Rollover)에 영향을 미치는 요인에 관한 연구 : SUV(Sports Utility Vehicles) 차량을 중심으로, 계명대학교 석사학위 논문.
(5) Center for Disease Control and Prevention Field Triage Available at: http://www.cdc.gov/fieldtriage/
(6) NHTSA, 2012, 2011 Crashworthiness Data System Coding and Editing Manual, General vehicle form, rollover, GV197-GV237

(7) B. Fréchède, A.S. McIntosh, R. Grzebieta, M.R. Bambach, 2011, Characteristics of single vehicle rollover fatalities in three Australian states(2000 - 2007), Accident analysis & prevention, Vol. 43, 804-812

(8) Konrad M. Dobbertin, Michael D. Freeman,, William E. Lambert, Michael R. Lasarev, Sean S. Kohles, 2013, The relationship between vehicle roof crush and head, neck and spine injury in rollover crashes, Accident analysis & prevention, Vol. 58, 46-52

(9) 정민규, 김인규, 김정룡, 배현우, 이만수, 2010, Roof Crush Resistance의 해석적 검증에 관한 연구, 자동차안전학회지, 제2권, 제1호, pp. 15-19