

자동차 교통사고 시 에어백에 의한 안면부 손상특성

이희영* · 이강현* · 이정훈* · 성 실* · 강찬영* · 김호중** · 김상철*** · 윤영한****

Facial Injury after Airbag Deployment in Occupant Motor Vehicle Accident

Hee-Young Lee*, Kang-Hyun Lee*, Jung-Hun Lee*, Sil Sung*, Chan-Young Kang*,
Ho-Jung Kim**, Sang-Chul Kim***, Young-Han Youn****

Key Words : Motion analysis (동작분석), Motor vehicle accident (교통사고), Injury mechanism (손상기전), Air-bag deployment (에어백전개), Facial injury (안면부손상)

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the injury mechanism of facial injury related to an air-bag's deployment in occupant motor vehicle accident (MVA) by using Hospital Information System (HIS) and reconstruction program, based on the materials related to motor vehicle accidents. Among patients who visited the emergency department of Wonju Severance Christian Hospital due to motor vehicle accidents from August 2012 to February 2014, we collected data on patients with agreement for taking the damaged vehicle's photos. After obtaining the verbal consent from the patient, we asked about the cause of the accident, information on vehicle involved in the accident, and the location of car repair shop. The photos of the damaged vehicle were taken on the basis of front, rear, left side and right side. Damage to the vehicle was presented using the CDC code by analytical study of photo-images of the damaged vehicle, and a trauma score was used for medical examination of the severity of the patient's injury. Among the 309 patients with agreement for an investigation, thirty five (11.3 %) were the severe who had ISS over 15. And also, sixteen (5.2 %) derived from the reconstructed data (maximum collision energy, maximum acceleration, delta V) by PC-Crash. As a result, ISS including the facial injuries was affected by the condition. It was high when the number of crash extent, the safety belt was not fastened, and the seating position of occupant and the direction of collision is same. For accurate analysis of the relationship between occupant injury and vehicle damage in MVAs, build-up of an in-depth database through carrying out various policies for motor vehicle accidents is necessary for sure.

1. 서론

* 연세대학교 원주의과대학 응급의학교실
** 순천향대학교 부천병원 응급의학과
*** 건국대학교 의학전문대학원 응급의학과
**** 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부
E-mail : youni@ddwizauto.com

안전벨트와 에어백은 자동차 내 탑승자를 보호하기 위한 안전장비로써 안전성과 효용성이 증명되어 현재 많은 자동차에 장착되고 있다.⁽¹⁾⁻⁽²⁾ 1990년부터 법적으로 운전자 및 조수석 탑승자의 안전벨트 착용을 의무화⁽³⁾

2011년 4월부터는 고속도로 및 자동차 전용도로 운행 시 전 좌석 안전벨트 착용 의무화의 확대 시행되었다. 미국에서는 1997년부터 의무적으로 운전석과 조수석 모두에 에어백을 장착하여 판매하도록 하였으나, 아직까지 우리나라를 포함한 유럽 및 일본 등의 현행법에는 에어백 설치 및 성능 기준 등에 규정이 마련되어 있지 않아 제작사가 정한 에어백 성능을 검증할 수 있는 제도적인 장치가 미흡한 실정이다. 자동차의 에어백 장착이 자동차 회사별 자율규정이다 보니 자동차 충돌사고 발생 시 많은 인명피해가 발생하는 실정이다. 최근에는 에어백 자체에 의한 손상이 간간히 보고되고 있다.⁽⁴⁾⁻⁽⁷⁾

에어백 팽창 시 탑승자 상체의 위치나 앉은키 높이에 따라 치명적인 손상이 가해질 수 있다. Antosia 등은⁽⁸⁾ 에어백에 의한 손상 중 95% 이상이 경증 손상이었고 손상 발생 부위는 안면부, 손목부, 전완부, 흉부 순이라고 보고하였다. 안면부 손상은 각막찰과상, 안검열상, 외상성 홍채염 등의 경증 손상이 대부분이었으나, 드물게 각막부종, 외상성 안구전방출혈 및 이차적 녹내장과 백내장 등의 심각한 손상도 보고되고 있다.⁽⁹⁾ 또한 1985년에서 1995년 사이 하노버에서 실시한 9,380건의 자동차사고 조사에 따르면, 5.5%의 운전자와 4.3%의 조수석 탑승자에서 상지골절이 발생하였으며 손상 빈도는 손(25%), 손목(23%), 전완(23%)의 순이었다.⁽¹⁰⁾ 특히, 저속 충돌사고에서는 사고 자체의 손상보다도 에어백에 의한 손상이 더 심하게 발생하는 경우도 있다고 보고하였다.⁽¹¹⁾

본 연구에서는 수집한 교통사고 자료를 기반으로 충돌사고 자체의 손상보다 에어백에 의한 손상이 더 큰 경우에 대해, 사고 자동차의 파손정도를 코드화하고 자동차 탑승자의 의무기록에 명시된 손상척도 간의 관계를 비교하여 자동차 교통사고 시 에어백에 의한 손상 기전을 알아보기 위한 것이다.

2. 연구 방법

2.1. 자료 수집

2.1.1. 자동차 정보

환자나 보호자에게 자료 수집에 대한 동의를 구한 후 자동차 정보를 문의하고 자동차가 보관된 장소에 직접 찾아가서 사진 자료를 수집하였다. 사고자동차 사진은 정면, 후면, 좌측면, 우측면을 기본으로 획득하였고, 주요 충돌부위, 내부 파손부위, 안전벨트 착용여부의 증거, 에어백

전개여부의 증거 등을 추가 획득하였다. 환자의 손상정도에 영향을 주는 안전벨트 착용여부를 판단할 때, 안전벨트를 착용했다고 진술하거나 사고자동차 조사 시 안전벨트가 굽힌 흔적이나 풀어진 흔적이 있는 경우 안전벨트 착용으로 기록하였고, 전면 유리의 두부에 의한 파손(Bull's eye fracture)이 있을 경우나 환자 및 구조자의 진술이 불충분하고 증거가 훼손된 경우 미착용으로 기록하였다. 또한, 보다 정확한 사고정황을 파악하기 위해 관할 경찰서에 방문하여 담당 조사관에게 사고접수 여부를 문의한 후, 접수가 된 건에 한해 사고 정황에 대한 정보를 요청하였다. 이렇게 수집된 자료를 바탕으로 CDC(Collision Deformation Classification, 충돌에 의한 분류) 코드 형태로 사고자동차의 파손정보를 파악하였다.

2.1.2. 환자 정보

2012년 8월부터 2014년 2월까지 총 19개월 동안 원주 세브란스기독병원 응급실에 내원한 환자들은 총 63,272명이었다. 전체 내원 환자 중 2.69%에 해당하는 1,699명이 자동차 탑승한 교통사고 환자였다. 그 중, 의료진이 사고 관련 정보를 설문하기 전에 증상이 호전되어 귀가한 경우를 제외 한 후에 환자나 보호자의 동의를 얻고 사고 자동차의 사진을 촬영하여 CDC 코드를 생성한 경우는 309명 이었고 그 중 에어백이 설치되어 있는 운전석, 조수석 탑승자에 대해 AIS(Abbreviated Injury Scale, 간편손상척도) 코드와 ICD(International Classification of Diseases, 국제질병분류) 코드를 이용하여 분류한 안면부 손상환자는 16명이었다. 309명의 사고조사된 손상환자 중 ISS(Injury Severity Score, 손상중증척도)가 15점 이상인 중증환자로 분류된 환자는 35명이었다.

2.2. 자료 분석

2.2.1. 충돌에 의한 변형 분류 코드(CDC code)

CDC 코드는 미국자동차기술학회(Society of Automotive Engineers, SAE)에서 고안한 자동차손상부위, 손상형태, 손상정도를 알 수 있는 자동차손상코드이다. 7자리로 구성된 CDC 코드는 다음과 같이 구성된다. 첫째, 둘째 자리는 최초 충돌을 시계방향으로 표시한 것이다. 셋째 자리는 충돌 후 변형이 된 위치를 나타내고 전(F), 후(B), 좌(L), 우(R), 위(T), 아래(U)가 있다. 넷째 자리는 충돌의 바깥 쪽 수평위치를 나타내고 앞뒤방향에서 좌(L), 중

양(C), 우(R), 좌중(Y), 우중(Z), 전면(D), 좌우방향에서 전(F), 중앙(P), 후(B), 전중(Y), 후중(Z), 전면(D)가 있다. 다섯 번째 자리는 충돌의 바깥 쪽 수직위치를 나타내고 바퀴 밑(W), 프레임(L), 프레임 위부터 벨트선(M), 벨트선 위(G), 벨트선 아래(E), 프레임 위(H), 전면(A) 이 있다. 여섯 번째 자리는 충돌에 기여한 손상의 종류를 나타내고 대표적으로, 넓은 면(W), 좁은 면(N), 전복(O) 등이 있다. 끝으로, 일곱 번째 자리는 변형정도를 나타내고 보통 가장 많이 변형된 곳을 기준으로 판단하며, 승용 자동차(sedan), 화물자동차(truck), 벤형 화물자동차(van)에 따라 기준이 명시되어 있다.

2.2.2. 간편손상척도(AIS)/손상중증점수(ISS)

AIS는 교통사고 환자들의 중증도를 분류하는 유용한 손상척도이다. AIS는 미국자동차의학진흥협회(The Association for the Advancement of Automotive Medicine, AAAM)에서 제정한 간편손상척도로서, 7개의 자릿수와 8가지의 신체부위로 분류하고, 상해의 심도를 1점부터 6점까지 부여한다. AIS 1은 머리와 목을 포함한 두경부, AIS 2는 안면, AIS 3은 흉부, AIS 4는 복부 및 골반 내 장기, AIS 5는 상하지 및 골반, AIS 6은 화상이나 동상, 폭발과 같은 외부요인으로 분류된다. MAIS(Maximum Abbreviated Injury Scale)는 각 신체 부위 중 최대 AIS 값을 나타낸다.

ISS는 상해 정도가 높은 3곳의 신체 부위 AIS 값들의 제곱 합으로 계산되는 손상점수이다. 1점부터 75점까지의 숫자로 표현되며, 15점 이상 중증환자로 제안되고 있다.

2.2.3. 교통사고 재현

교통사고를 재현하기 위해 여러 가지 충돌 사고를 재현할 수 있는 교통사고 재현 프로그램(PC-Crash[®], Dr.Steffan Datentechnik GmbH, Austria)을 Fig. 1과 같이 사용하



Fig. 1 Motor vehicle accident reconstruction program

였다. 교통사고 관련 수집된 자료를 바탕으로 실제 사고 상황에 맞게 재구성하였으며 교통사고 재현을 통해 탑승자의 안면부에서 발생하는 최대가속도(m/s^2), 충돌에너지(J), $\Delta V(km/h)$ 값을 도출하였다.

3. 결 과

3.1. 사고조사 데이터 전체 분석

Fig. 2와 같이 사고자동차 조사한 309명 중 앞좌석 탑승자는 247명이었다. 그 중 정면충돌사고는 총 170명이었고 에어백 전개 52명, 비전개가 118명이었으며 안전벨트 착용 88명, 미착용 82명이었다. 에어백이 전개된 52명 중 안전벨트 착용 29명, 미착용 23명이었으며, 에어백이 비전개된 118명 중 안전벨트 착용 59명, 미착용 59명이었다.

3.2. 안면부 손상환자 분석

안면부 손상 환자에 대해 신체적 특성, 자동차정보, 자동차과손정보(CDC code), 인체상해정보(AIS code, 상병명, ISS), 안전장치 정보의 결과는 Table 1과 같다. 해당 환자 16명의 평균 나이는 38.0 ± 16.8 세이었고 남성 11명, 여성 5명이었다. 차종에 따라 분류하면 sedan 10명, SUV 1명, truck 5명이었다. 안면부 손상에 따라 분류하면 타박상(contusion), 열상(laceration), 찰과상(abrasion), 조직박리(avulsion), 아탈구(subluxation) 등의 비골절환자 9명과 상악골 골절(maxillary fracture), 하악골 골절(mandible fracture), 안와골 골절(orbital fracture), 관골 골절(zygomatic fracture) 등의 골절환자 7명이었다. 또한, 16명 중 2명은 ISS가 15점 이상인 중증환자였고

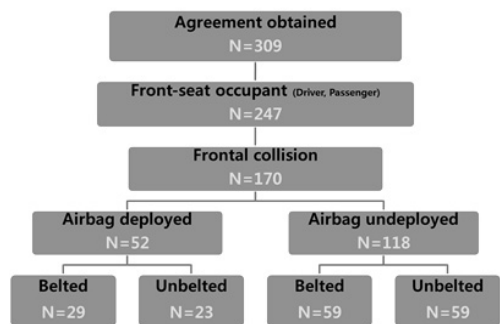


Fig. 2 Inclusion and exclusion of whole data

자동차 교통사고 시 에어백에 의한 안면부 손상특성

Table 1 Description of the factors related to the motor vehicle accident

case (#)	Age (year)	Gender	Vehicle	CDC code							AIS code		ISS	Seat belt	Air bag	Role
				1&2	3	4	5	6	7	score	explanation					
1	18	M	1	12	F	Y	E	W	4	1	Face abrasion	10	2	2	2	
2	49	M	3	12	F	D	E	W	6	2	Orbit fracture; medial wall, closed	8	1	2	1	
3	19	M	1	01	F	D	E	W	3	1	Mandible fracture; symphysis/parasymphysis	6	1	2	1	
4	64	M	1	11	F	L	E	W	5	1	Laceration of eyelid; minor; superficial	38	1	2	2	
5	24	M	1	12	F	D	A	W	7	1	Laceration of eyelid; minor; superficial	1	2	2	1	
6	28	M	3	11	F	L	E	W	6	2	Maxilla fracture [including maxillary sinus]	5	2	3	1	
7	30	M	1	12	F	D	E	W	4	2	Orbit fracture, closed	13	1	1	1	
8	58	F	3	11	F	L	L	E	2	2	Orbit fracture; medial wall, closed	4	2	3	2	
9	44	F	1	12	F	R	E	W	2	1	Superficial injury of Face, contusion	2	1	1	1	
10	16	M	1	12	F	R	E	W	2	1	Superficial injury of Face, contusion	1	1	1	2	
11	55	F	1	12	F	Y	L	W	1	2	Orbit fracture; medial wall, closed	5	2	1	2	
12	32	M	3	12	F	D	A	W	7	1	Face contusion	22	1	3	1	
13	37	F	2	01	F	R	E	W	2	1	Face abrasion	1	1	1	1	
14	16	F	1	11	F	D	E	W	4	1	Facial bone(s) fracture	12	2	2	2	
15	40	M	3	12	F	D	E	W	2	1	Eye laceration; cornea	6	1	3	1	
16	66	M	1	12	F	Z	E	W	5	1	Zygoma fracture; displaced; arch [KN II]	11	2	1	1	

* Vehicle: 1-Sedan, 2-Sport Utility Vehicle, 3-Truck, 4-Van
 * Air bags: 1-Deployed, 2-Undeployed

* Safety belt: 1-Belted, 2-Unbelted
 * Role: 1-Driver, 2-Passenger

안전벨트 착용여부에 따라 분류하면 착용 9명, 미착용 7명이었고 에어백 전개여부에 따라 분류하면 전개 6명, 비전개 6명, 미설치 4명이었으며 탑승위치에 따라 분류하면 운전석 10명, 조수석 6명이었다.

CDC code의 crash extent가 높고 충돌방향과 탑승위치가 일치한 경우 ISS가 높았다(case7 vs. case9). 또한, CDC code가 같은 경우 충돌방향과 탑승위치가 일치한 쪽이 ISS가 높았으며 안전벨트 착용 및 에어백 전개로 인해 손상 정도는 경미하였다(case9 vs. case10). 비록 충돌방향과 탑승위치가 일치하지 않더라도 안전벨트를 착용하지 않은 상태에서 에어백이 전개되었을 경우 ISS가 높았다(case11, case14, case16).

3.2. 에어백 전개에 따른 안면부 환자 분석

안면부 손상이 있는 자동차 탑승자에 대해 PC-Crash를 이용하여 교통사고 재현을 한 결과는 Table 2와 같다. 에어백 전개 유무에 따라 각각 충돌에너지, 최대가속도, ΔV, AIS 2(안면부 손상) 점수, ISS를 비교하였다. 에어백 미전개군의 충돌에너지 값(1129.58J)이 전개군의 값(444.03J)보다 높았다(p=0.015). 최대가속도, ΔV, AIS 2 점수, ISS는 에어백 미전개군의 값이 전개군의 값보다 높은 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지 않았다.

Table 2 Comparison of facial injured occupants according to airbag deployment involved in frontal collisions

	Airbag	N	Mean±Std.	p value
Collision Energy (J)	Deployed	6	444.03±325.18	0.015
	Undeployed	10	1129.58±631.45	
Maximum Acceleration (m/s ²)	Deployed	6	426.02±1043.65	0.083
	Undeployed	10	1164.87±1043.65	
Δ V (km/h)	Deployed	6	34.15±21.66	0.303
	Undeployed	10	59.73±27.66	
AIS 2 (point)	Deployed	6	1.29±0.49	0.057
	Undeployed	10	1.33±0.50	
ISS (point)	Deployed	6	5.43±4.83	0.181
	Undeployed	10	12.33±11.07	

4. 고찰

이 연구는 수집한 교통사고 자료를 기반으로 충돌 사고 자체의 손상보다 에어백에 의한 손상이 더 큰 경우에 대해, 사고 자동차의 파손정도를 코드화하고 자동차 탑승자의 의무기록에 명시된 손상척도 간의 관계를 비교하여 자동차 교통사고 시 에어백에 의한 손상 기전을 알아보기 위한 것이었다. 안면부 손상환자 중 에어백이 전개된 경우를 분류하여 자동차파손과 인체손상을 분석해보면 다음과 같았다.

- 1) 안전벨트 착용 및 에어백 전개인 상태에서도 충돌에 의한 자동차파손이 심하면 ISS가 높았다.
- 2) 탑승위치와 충돌방향이 일치하면 ISS가 높지만 안전벨트 착용 및 에어백 전개로 인해 손상 정도가 높지 않았다.
- 3) 에어백이 전개되었더라도 안전벨트를 착용하지 않은 경우 ISS가 높았다.

에어백은 쉽게 팽창할 수 있는 나일론성 직물로 만들어져 있으며 급감속을 인지할 수 있는 충돌감지 센서를 통해 약 10ms 이내에 약 60L 부피의 공기주머니가 팽창하도록 운전석에 설계되어 있다.⁽¹²⁾ 교통사고 발생 시 빠른 속도로 전개되는 에어백 방향과는 반대로 머리가 움직이기 때문에 안면부에 둔상을 초래하기도 한다. 본 연구에서는 상악골, 하악골, 안와골, 관골 골절이 보고되었으

나, Rimmer와 Schuler가 처음으로 자동차 사고 당시 에어백 팽창으로 인한 안 손상 환자를 보고하였고,⁽¹³⁾ 이후 전방 출혈과 전방각 후퇴, 각막 실질 부종과 맥락막 파열 등의 환자를 보고하였다.^{(14)~(15)}

본 연구는 2012년 8월부터 2014년 2월까지 약 19개월 동안 자료를 수집하였음에도 불구하고 조사대상 수가 너무 적었기 때문에 사고자동차의 파손정도와 자동차 탑승자의 손상정도 간의 관계를 일반화하기 어렵다. 특히, 에어백 전개 유무만으로 안면부 손상을 판단하기에는 어려움이 있었을 뿐만 아니라, 자동차 파손과 인체 손상과 관련된 차종, 충돌방향, 충돌물체, 자동차변형정도, 안전장치, 자동차탑승위치 등의 영향을 주는 인자가 많기 때문에 좀 더 많은 자료 수집을 통해 에어백으로 인한 손상 기전을 세부적으로 고려해보아야 할 것으로 생각한다.

5. 결론

교통사고 환자에서 에어백에 의한 안면부 손상의 특성은 충돌속도의 빠르기, 안전벨트 착용 여부, 탑승위치와 충돌방향이 일치도 등에 따라 달랐다. 에어백은 화물자동차에 장착되지 않았기 때문에 분석 범위에서 제외되었으며 화물자동차의 구조에 맞는 인체공학적인 에어백 설계를 통한 자동차 내 설치가 필요하다고 생각한다. 또한, 안전벨트를 착용하지 않은 상태에서 에어백이 전개된 경우 인체손상 정도가 더 심했다. 에어백에 의한 안면부 손상 기전은 탑승자와 자동차 내부의 공간이 얼마나 확보되어 있는지, 충돌 순간의 속도가 얼마나 빠르는지, 충돌 순간에 안전장비가 제 역할을 하는지에 따라 영향을 받는다고 할 수 있겠다.

후 기

본 연구는 국토교통부의 『첨단안전자동차 안전성 평가기술개발 - 한국형 자동차사고 심층조사 분석자료 구축 사업』(16PTSI-C54118-08)의 지원을 받았습니다.

참고문헌

- (1) 도로교통공단, 2013, “2013년판(2011년 통계) OECD 회원국 교통사고 비교,” pp. 22~33.
- (2) Graham J. D., Thompson K. M., Gildie S. J., Segui-Gomez M., Weinstein M. C., 1997, “The Cost of Effectiveness of Air Bags by Seating Position,”

- Journal of the American Medical Association, Vol. 278, pp. 1418~1425.
- (3) Huelke D. F., Moore J. L., Ostrom M., 1992, "Air bag Injuries and Occupant Protection," Journal of Trauma, Vol. 33, pp. 894~898.
- (4) Kim S. Y., 1990, "The Road Traffic Law, Revised Version: A Guide," No. 313, Monthly Legislation: The Government Legislation Agency.
- (5) Almahmoud T., Marss P., 2013, "Vehicle Occupant Restraint Systems Impact on Eye Injuries," Survey of Ophthalmology, In Press, Corrected Proof.
- (6) Kim G. Y., Bae J. H., Seo Y. W., Cho H. R., Hong E. S., 2003, "Injuries from Airbag Deployment during Low Speed Accidents," Journal of Trauma and Injury, Vol. 16, No. 2, pp. 170~176.
- (7) Roccia F., Servadio F., Gerbino G., 1999, "Maxillofacial Fractures Following Airbag Deployment," Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, Vol. 27, pp. 335~338.
- (8) Chung I. Y., Shim H. S., Park J. M., Song J. K., 1999, "A Case of Airbag Related Ocular Trauma," Journal of The Korean Ophthalmological Society, Vol. 40, No. 9, pp. 292~296.
- (9) Antosia R. E., Partridge R. A., Virk A. S., 1995, "Air bag Safety," Annals of Emergency Medicine, Vol. 25, pp. 794~798.
- (10) Lemley H. L., Chodosh J., Wolf T. C., Bogie C. P., Hawkins T. C., 2000, "Partial Dislocation of Laser in Situ Keratomileusis Flap by Air bag Injury," Journal of Refractive Surgery, Vol. 16, pp. 373~374.
- (11) Lundy D. W., Lourie G. M., 1998, "Two Open Forearm Fractures after Airbag Deployment during Low Speed Accidents," Clinical Orthopaedics and Related Research, Vol. 351, pp. 191~195.
- (12) Ghafouri A. L. I., Burgess S. K., Hrdlicka Z. K., Zigelbaum B. M., 1997, "Airbag Related Ocular Trauma," American Journal of Emergency Medicine, Vol. 15, No. 4, pp. 389~392.
- (13) Rimmer S., Schuler J. D., 1991, "Severe Ocular Trauma from A Driver's-side Air bag," Archives of Ophthalmology, Vol. 109, pp. 774.
- (14) Mishler K. E., 1991, "Hyphema Caused by Air bag," Archives of Ophthalmology, Vol. 109, pp. 1635.
- (15) Rosenblatt M., Freilich B., Kirsch D., 1991, "Air bags; Trade Offs," The New England Journal Medicine, Vol. 325, pp. 1518~1519.