

승용차 정면충돌에서 에어백 전개가 운전자 손상에 미치는 영향

전혁진* · 김상철** · 이강현***

The Effect that Air Bag Deployment in Car Head-on Collision on Injury to Driver

Hyeok-Jin Jeon*, Sang-Chul Kim**, Kang-Hyun Lee***

Key Words : Head-on collision(정면충돌), Seat belt(안전띠), Air Bag(에어백), Driver(운전자), Injury(손상)

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effect of air bag deployment in passenger car head-on collisions on injuries to the driver. The drivers in head-on collisions who were brought to the emergency rooms of two hospitals from January 2011 and October 2014 were evaluated, as were the vehicles involved. The driver injury level were assessed by utilizing Collision Deformation Classification (CDC) codes, and the Abbreviated Injury Scale (AIS) and Injury Severity Score (ISS), respectively. In this study, it was shown that the chest ISS and AIS were significantly high when an air bag only is deployed. A statistically significant difference was found in the crush extent when the driver who fastened the seatbelt was found to be affected more than the ISS 9. Even when an air bag is deployed in a head-on car collision, injury severity can vary according to accident circumstances and crash severity. Accordingly, first aid can be rapidly given, and the injured person can be quickly referred to a hospital, only if the assessment of persons involved in a vehicle accident is accurately carried out.

1. 서론

자동차 사고는 탑승자의 생명을 줄 수 있는 사고로서 예방과 안전장치가 심각한 손상으로부터 생명을 지킬 수 있는 효과적인 방법이다. 특히 안전장치는 사고 발생 시 탑승자의 손상을 감소시키는 역할을 하고 있다. 이러한 안전장치로는 대표적으로 안전벨트와 에어백이 있으며 두 가지 장치가 모두 사용되었을

때 손상과 치사율이 감소하는 것으로 대부분의 연구에

서 보고되었다.⁽¹⁻³⁾

미국 도로교통안전국(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)은 에어백이 단독으로 사용될 때 13%의 사망 감소효과가 있으며 안전벨트와 함께 적용되었다면 50%까지 감소효과가 있는 것으로 보고되었으며 정면 충돌사고 시 정면 에어백은 29%의 운전자 사망률 감소효과를 보였다.⁽¹⁾

또한 안전장치의 손상 예방 효과에 대한 다른 연구에서는 안전벨트를 착용한 운전자의 치사율이 28% 감소하게 되며 안전벨트와 에어백이 장착된 경우 운전자의 머리 손상을 60~80% 보호한다고 하였다[2,3]. 그 외 여러 해외 연구에서 에어백은 운전자의 손상 예방에 효과가 있다고 하였다.⁽⁴⁻⁶⁾

* 춘해보건대학교 응급구조과

** 충북대학교병원 응급의학과

*** 연세대학교 원주세브란스기독병원 응급의학과

E-mail : ohooms@daum.net

하지만 이와 반대로 에어백 전개로 인하여 손상을 입을 수 있다는 증례 보고가 있는데 Koichi 등(2009)은 안전벨트를 착용하지 않고 에어백만 전개된 사고에서 운전자의 사망원인을 에어백 전개로 인한 간 파열로 확인하였으며⁽⁷⁾ Ali 등(1997)의 증례 보고에서는 에어백에 의하여 탑승자가 안구손상을 입을 수 있다고 하였다.⁽⁸⁾

이러한 상반된 연구 결과는 현장에서 응급환자의 평가와 처치 및 적정 병원으로 이송을 담당하고 있는 응급구조사에게 현장 중증도 분류(Field triage)에 혼란을 줄 것이라 생각되어 진다.

현재 119 현장응급처치 표준지침서는 미국 질병통계예방센터(Center for Disease Control and prevention, CDC)의 현장 중증도 분류 지침에 따라 생리학적 소견, 신체검진 소견, 손상기전, 기타 소견 등으로 나누어 단계별로 시행하고 있고⁽⁹⁾ 시행된 중증도 분류 상 손상환자의 저 분류(under triage)는 치료 지연 등의 이유로 인하여 치명적인 결과로 나타날 수 있기 때문에⁽¹⁰⁾ 응급구조사의 정확한 현장 중증도 분류가 이루어져야 손상환자의 적절한 처치 및 이송이 가능할 것으로 보인다. 손상기전을 기준으로 한 중증도 분류에서 에어백에 대한 내용은 없지만 근래 생산되고 있는 대부분의 승용차는 에어백이 장착되어 있기 때문에 이에 대한 논의가 이루어져야 교통사고 현장에서 정확한 현장 중증도 분류, 환자 평가, 처치 및 이송 등이 이루어질 수 있을 것이라 생각된다.

또한 에어백 효과에 대한 국내 실사고 데이터를 이용한 연구는 아직 미비한 상황이며 국내 자동차 의학에 대한 관심도가 해외에 비해 많이 부족한 상황이다.

이에 본 연구에서는 국내 실사고 데이터를 이용하여 승용차 정면 충돌 시 에어백 전개로 인한 운전자 중증도 양상을 확인하고 안전장치 사용 유무에 따른 중증도를 비교함으로써 교통사고 시 운전자의 중증도 분류에 기준이 될 수 있는 기초자료를 제공하는데 의의가 있다.

2. 연구방법

2.1. 연구설계

본 연구는 교통사고로 응급의료센터에 내원한 환자를 대상으로 사고 조사 및 차량 조사, 손상계수(AIS, ISS)를 수집하고 이를 바탕으로 분석을 진행한 후향적 연구이다.

2.2. 연구대상

본 연구의 대상자는 2011년 1월 1일부터 2014년 10월 31일까지 연세대학교 원주세브란스기독병원 응급의료센터와 건국대학교 충주병원 응급의료센터로 내원한 자동차 교통사고 환자 중 승용차 정면충돌 사고의 운전자로서 사고 조사와 인터뷰에 응하였고 차량 조사에 동의한 환자만을 대상으로 하였다.

2.3. 자료수집방법

본 연구자가 대상자에게 직접 인터뷰를 시행하였으며 의식의 변화가 있는 중증 환자의 경우 동승자나 경찰, 보험회사를 통해 대면 상담을 하였으며 사고 일시, 차량 이동지, 성별, 나이, 신장, 몸무게, 운전 당시 입고 있던 옷, 안경착용 유무, 차량 번호, 차량 연식 및 모델, 보험회사, 사고장소, 도로종류(고속, 국도, 지방도, 기타), 사고 정황, 충돌방향(정면, 측면, 후면, 전복), 충돌물체, 구조대 출동 여부, 사고 인지여부, 사고 당시 날씨, 탑승위치, 안전벨트 착용 유무, 에어백 장착 및 전개 여부 등을 확인하였다.

본 연구자가 인터뷰를 통해 확인한 차량 이동지에 직접 방문하여 차량 조사를 하였으며 차량 조사에서는 량의 정면을 12시 방향으로 하여 시계방향으로 총 12개의 사진을 기본적으로 촬영하며 차량의 파손부위, 탑승자가 내부에 충돌한 증거, 충돌로 인하여 차량 구조물이 내부로 침범한 증거, 안전벨트 착용 유무 및 에어백 전개 유무를 확인하기 위한 증거 사진을 촬영하였다.

환자의 손상계수는 본 연구자가 환자의 방사선 촬영 및 MRI 등의 촬영 사진을 확인하여 초기 점수를 확인하며 추후 응급의학과 교수 2명이 환자의 최종 손상계수를 확인하여 수정하였다.

수집된 사고 자료를 기반으로 교통사고 현장기록표를 인터뷰 자료, 사고 차량 사진, 환자 손상정보를 종합하여 기록하였다.

2.4. 연구도구

2.4.1. Collision Deformation Classification Code

사고차량에 대한 충돌 분석은 CDC(The SAE J224 Collision Deformation Classification) 코드를 이용하였다. CDC 코드는 숫자와 영문으로 이루어진 7자리 코드로

써 이를 통해 차량의 충돌 방향 및 파손 정도를 알 수 있다. 첫 번째와 두 번째 코드는 숫자로 이루어져 있으며 충돌 방향을 나타내며 사고로 인한 주요한 변형부위에서 아날로그 시계의 중심을 놓고 그 방향을 결정한다. 세 번째 코드는 충돌이 일어난 주요 파손 위치를 표시하는 것으로 F(front), B(back), R(right), L(left), T(top), U(undercarriage)가 있다. 네 번째 코드는 수평방향의 변형정도를 나타내는데 승용 자동차에서 F(front), P(passenger), B(back), C(center), R(right), L(light)로 분류하고 이를 기본으로 여러 가지 D, Y, Z의 조합이 형성된다. 다섯 번째 코드는 수직방향의 변형정도를 나타내는데 A(all, total height), G(glazed height), L(Lower), E(Everything below blet line) 등이 있다. 여섯 번째 코드는 파손 형태와 너비를 나타내는데 O(rollover), W(wide), E(narrow including a corner), N(narrow not including a corner) 등이 있다. 일곱 번째 코드는 숫자로 입력되며 파손 정도를 나타내는데 정면, 후면, 측면 충돌 정도에 따라 1에서 9까지의 숫자로 분류한다.⁽¹¹⁾

2.4.2 Abbreviated Injury Scale and Injury Severity Score

대상자의 객관적인 손상 정도를 확인하는 도구로써 Abbreviated Injury Scale(AIS)와 Injury Severity Score (ISS)를 이용하였다. AIS는 교통사고 환자의 중증도를 분류하기 위하여 미국자동차의학진흥협회(Association for the Advancement of Automotive Medicine, AAAM)에서 만들었으며 두부, 경부, 안면부, 흉부, 복부, 척추, 상지, 하지, 외부로 나누어 각 부위별 손상 정도를 1에서 6까지 점수화하였다. 손상의 중증도가 심각할수록 점수는 6점에 가까워진다. ISS는 AIS를 활용하여 손상환자의 중증도를 확인하는 방법으로 두경부, 안면부, 흉부, 복부, 사지, 외부로 구분하고 이 중 AIS가 가장 높은 세 부위를 제공하여 합한 값이 된다.⁽¹²⁾ ISS의 중증도는 경미한 정도(<9), 중등도(9-15), 중증(16-24), 심각한 정도(≥25)로 분류하고 있다.⁽¹³⁾

2.5. 분석방법

대상자의 일반적인 특성에 대하여 빈도분석 하였으며 안전벨트 착용 유무와 에어백 전개 유무에 따른 4그룹간의 손상 중증도를 비교하기 위하여 ANOVA 분석하였다. 안전벨트를 착용한 대상자 중 나이, 성별, 충돌 정도를

기준으로 에어백 전개여부에 따라 1:1 대조하여 ISS 9점 이상의 비율 차이를 확인하기 위해 카이제곱검증을 하였으며 에어백 전개여부에 따른 ISS 9점 이상의 손상 발병률을 확인하기 위해 로지스틱 회귀분석을 진행하였다.

3. 연구결과

3.1. 일반적 특성

대상자는 총 191명으로 평균나이는 44.7±14.8세였으며 남자가 65.9%(126명), 여자가 34.1%(65명)이었다. 안전벨트는 63.4%(121명)의 착용률을 보였으며 에어백은 48.2%(92건)이 전개되었고 전개되지 않거나 에어백이 장착되지 않은 차량은 51.8%(99건)로 나타났다 (Table 1).

Table 1 The general characteristics of frontal collision drivers

Variables		N (%)	Mean±SD
Age		191(100)	44.7±14.8
Gender	Male	126 (65.9)	
	Female	65 (34.1)	
Seat belt	Fastened	121 (63.4)	
	Unfastened	70 (36.6)	
Air Bag	Deployed	92 (48.2)	
	Not deployed	99 (51.8)	

3.2. 안전벨트 착용 유무와 에어백 전개 유무에 따른 그룹별 손상 중증도 비교

안전벨트 착용 유무와 에어백 전개 유무에 따른 그룹별 손상 중증도 비교에서 안전벨트 착용 및 에어백 전개 그룹은 평균 ISS가 7.73±10.76으로 나타났으며 안전벨트만 착용한 그룹에서는 8.75±7.70, 에어백만 전개된 그룹에서는 15.54±15.86으로 가장 높게 나타났으며 안전장

Table 2 Comparison of the ISS among 4 groups

Group	Mean±SD	F	p	Scheffe
Seat belt plus air bag, a	7.73±10.76	4.233	0.006	a<c
Seat belt only, b	8.75±7.70			
Air bag only, c	15.54±15.86			
None, d	10.46±11.89			

치가 아무것도 적용되지 않은 그룹에서는 10.46±11.89로 나타났다. 이 중 에어백만 전개된 그룹과 안전벨트 착용 및 에어백 전개 그룹간의 ISS 차이가 통계적으로 유의하게 나타났다(Table 2).

각 부위별 AIS를 비교하였을 때 총 9부위 중 흉부에서만 통계적 유의성을 보였는데 안전벨트 착용 및 에어백 전개 그룹에서 1.19±1.04, 안전벨트만 착용한 그룹에서 2.29±1.20, 에어백만 전개된 그룹에서 3.33±0.50, 안전장치가 전부 적용되지 않은 그룹에서는 2.25±1.17로 나타났으며 에어백만 전개된 그룹과 안전벨트 착용 및 에어백 전개 그룹간의 AIS 차이가 통계적으로 유의하게 나타났다(Table 3).

Table 3 Comparison of the AIS (thorax) among groups

Group	Mean±SD	F	p	Scheffe
Seat belt plus air bag, a	1.19±1.04	3.830	0.014	a<c
Seat belt only, b	2.29±1.20			
Air bag only, c	3.33±0.50			
None, d	2.25±1.17			

머리손상에서 안전벨트 착용 및 에어백 전개 그룹에서 1.83±1.20, 안전벨트만 착용한 그룹에서 1.90±0.66, 에어백만 전개된 그룹에서 2.00±0.75, 안전장치가 전부 적용되지 않은 그룹에서는 2.44±0.88로 나타났으며 통계적으로 유의하지는 않았다(Table 4).

Table 4 Comparison of the AIS (thorax) among groups

Group	Mean±SD	F	p	Scheffe
Seat belt plus air bag, a	1.83±1.20	0.671	0.576	-
Seat belt only, b	1.90±0.66			
Air bag only, c	2.00±0.75			
None, d	2.44±0.88			

3.3. 안전벨트를 착용한 대상자에서 에어백 전개 유무에 따른 중증 손상을 비교 및 요인 분석

나이, 성별, 충돌 정도를 기준으로 에어백 전개 여부에 따라 1:1 대조하여 ISS 9점을 기준으로 손상 중증도 비율을 비교하였을 때 에어백 전개 그룹에서 34.4%(11명), 비전개 그룹에서 50.0%(16명)으로 ISS 9 이상 비율 차이는 통계적으로 유의하게 나타나지 않았다(Table 5).

Table 5 Chi-square analysis of ISS≥9 according to air bag deployment in seat belt (1:1 matching)

Air bag deployment	ISS 9		Total	x2	p
	<9	≥9			
Deployment	21 (65.6)	11 (34.4)	32	1.602	0.206
Not deployed	16 (50.0)	16 (50.0)	32		

ISS 9 이상으로 손상 받는 요인을 확인하기 위해 나이, 성별, 충돌 정도, 에어백을 변수로 분석하였을 때 충돌 정도에서 odds ratio가 1.775, p값은 0.026으로 나타나 충돌 정도가 클수록 ISS 9 이상의 손상을 받을 가능성이 큰 것으로 나타났다(Table 6).

Table 6 Binary logistic regression of ISS≥9 in seat belt fastened (1:1 matching)

Dependent variable	Independent variables	Odds ratio	P
ISS≥9	Age	1.039	0.650
	Gender	1.080	0.882
	Extent	1.775	0.026
	Air bag	2.036	0.169

4. 고찰

교통사고에서 에어백은 안전장치로서 안전벨트와 함께 탑승자를 보호하는 역할을 하고 있다. 안전벨트에 대한 인체손상 예방효과에 대한 연구에서는 안전벨트가 단독으로 사용되더라도 탑승자 손상을 줄일 수 있다는 연구 결과가 보고되었다.^(14,15) 하지만 본 연구 결과에서는 에어백만 전개된 그룹에서 ISS가 다른 그룹에 비해 더 높은 것으로 나타나 에어백이 단독으로 사용되었을 경우 탑승자 보호 효과에 대해 재해석해야 할 것으로 생각된다.

미국도로교통안전국(NHTSA)에서 이루어진 에어백에 관한 연구에서는 안전벨트와 함께 사용되었거나 그렇지 않고 에어백 단독으로 사용되었을 때에도 탑승자의 인체손상을 줄일 수 있다고 보고되었다.^(16,17) 그러나 이와 반대로 MaGwin 등(2003)의 연구에서는 에어백 단독 사용으로 인체 손상 예방 효과를 전혀 찾을 수 없다고 하였다.⁽¹⁸⁾ 이러한 상반된 연구 결과들은 현장에서 정확하고 빠른 판단을 내려야 하는 응급구조사들의 중증도 분류를 하는데 있어 그 기준을 모호하게 만들 수 있다.

본 연구와 같이 안전장치를 구분하여 4 그룹으로 연구를 진행한 Justin 등(2008)의 연구에서는 AIS별 손상 발병률을 확인하였을 때 에어백 단독 사용이 하지 손상을 증가시킬 수 있다고 하였다.⁽¹⁹⁾ 하지 손상의 증가는 “submarining effect”로 인하여 탑승자가 차량의 내부공간에서 아래쪽으로 이동함으로 인하여 대시보드(dashboard)와 하지가 충돌하여 손상이 발생하게 된다고 하였다. 본 연구에서는 이와 다르게 흉부 손상이 에어백 단독으로 전개되었을 때 증가하는 것으로 나타났는데 이것은 차량 충돌 시 에어백과의 직접적인 충돌로 인해 발생하는 것으로 보인다. 정면충돌 시 안전벨트가 탑승자를 고정시켜 주며 에어백이 차량 내부 구조물과의 충돌을 예방하는데, 에어백 단독 사용 시에는 운전자가 고정되지 않아 전방으로 이동하게 되어 에어백과 탑승자간의 충돌이 발생함으로써 손상이 일어나는 것으로 보인다. Koichi 등(2009)의 증례 보고에서도 에어백과의 충돌로 인하여 다발성 갈비뼈 골절이 발생하였는데 이는 에어백으로 인하여 흉부 손상이 발생할 수 있다는 가능성을 보여준 보고였다.⁽⁷⁾ 이와 유사한 결과로 빠른 속도로 주행하는 차량의 충돌에서는 안전벨트와 에어백을 같이 사용하였을 때 사망률이 감소하는 것으로 나타났지만 에어백이 단독으로 사용되었을 경우에는 심각한 흉부손상을 야기할 수 있음을 나타낸 연구도 있다.⁽²⁰⁻²²⁾

이외 통계적으로 유의한 결과로 나타나지는 않았지만 다른 신체 부위, 특히 교통사고의 주된 사망원인인 머리 손상에서는 안전장치가 전부 사용되지 않은 그룹에서 가장 높게 나타났는데 이는 사고 충돌 당시의 환자의 최초 손상부위 혹은 주된 손상부위가 사고에 따라, 탑승자의 움직임에 따라 변화되어 나타난 결과로 생각된다.

안전벨트를 착용한 운전자만을 대상으로 1:1 대조하여 시행한 ISS 9점 이상의 중등 손상을 일으킬 수 있는 원인 분석으로는 충돌 정도가 통계적으로 유의하게 나타났는데 이것은 차량의 사고 기전에 의한 것으로 보인다. 충돌 정도는 사고 당시의 차량의 속도에 의해 결정되는 경우가 많은데 빠른 속도로 주행하는 차량의 사고에서는 파손 부위가 크고 탑승자 공간으로 침투할 가능성이 높기 때문에 이로 인하여 운전자 손상이 안전벨트를 착용하였다 하더라도 중등 이상의 손상을 입게 될 가능성이 다른 원인들에 비해 유의하게 나타난 것으로 보인다.

사망률 감소에 대해서는 Justin 등(2008)의 연구에서 에어백을 단독으로 사용하였을 때 4%가 감소하였으며 안전벨트 단독사용은 42%, 안전벨트와 에어백이 같이 사용된 경우는 48%로 나타났다.⁽¹⁹⁾ 이는 비교적 낮은 수치

지만 에어백 단독 사용만으로 사망률을 감소시킬 수 있는 것을 보여주었으며 Cummings 등(2002)의 연구에서도 모든 종류의 사고에서 에어백이 4~12% 사망률 감소를 보인다고 하였다.⁽²³⁾ 하지만 이와 반대로 에어백만 단독으로 사용한 그룹에서 ISS와 입원률, 흉복부의 손상, 사망률이 증가하는 것으로 보고된 연구도 있다.⁽²⁴⁾

이러한 상반된 결과는 에어백 전개가 손상 예방에 명확한 효과를 가지고 있지 않기 때문으로 보인다. 대부분의 연구에서 에어백은 안전벨트와 함께 사용되어야 손상 예방 효과가 나타나는 것으로 보이며 그렇지 않고 단독으로 사용되었을 경우 사망률 감소에는 효과가 있지만 손상 예방에는 안전장치로서의 그 역할을 수행하기 어려운 것으로 보인다. 그렇기 때문에 에어백 전개가 된 교통사고라 하더라도 안전벨트 착용여부, 사고유형(전복사고), 도로 여건 등의 사고 기전과 사고 환경에 따라 손상 예방 효과가 다르게 나타날 수 있으며 이러한 점을 응급구조사들이 숙지하여 에어백이 전개되었다 하더라도 정확한 환자 평가를 수행하여 중증도 분류 시 저 분류(Under triage) 되서는 안 될 것이다.

본 연구의 한계점은 에어백 구분이 되어있지 않아 각각의 손상 예방 효과를 확인할 수 없었다는 점이다. Paul 등(2008)의 연구에서는 1세대 에어백과 2세대 에어백을 구분하여 정면 사고에서의 손상 중증도를 비교하여 에어백의 손상 예방 효과 차이로 인하여 손상 부위와 손상 중증도에서 차이가 발생하였음고 보고하였다.⁽²⁵⁾

또 하나의 한계점으로는 사고 당시의 에어백 전개 시간에 의해 간섭받을 수 있다는 점이다. 탑승자가 직접 착용하는 안전벨트는 운행 중 지속적으로 안전장치로서의 역할을 하고 있고 이로 인해 사고 발생 시 적용되는 시간이 매우 짧다. 하지만 에어백의 경우 충격을 인지하고 반응하여 에어백이 전개가 되어야 하는데 빠른 시간 내 이루어지기는 하지만 시간이 소요되는 것은 절대적이다. 그래서 탑승자와 운전대와의 거리, 키, 몸무게, 앉은 자세 등을 포함하여 사고 충격 시 환자의 차량 내 움직임 등이 흉부 손상 중증도에 영향을 미쳐다는 것이다.

마지막으로 에어백의 사망률 감소 효과를 확인하지 못했다는 것이다. 안전벨트 및 에어백과 관련된 대부분의 연구에서는 사망률 감소에 대한 효과를 확인하였지만 본 연구에서는 사망자 자료가 적어 분석하기에 제한이 있었다. 이는 해외에서는 국가 차원으로 자동차 사고에 대한 자료가 수집되고 있지만 현재 우리나라는 단 4개 병원에서 교통사고 자료수집이 이루어지고 있기 때문에 깊이 있는 연구결과를 도출하기에 자료의 양이 다소 부족한 현실이다.

5. 결 론

본 연구는 승용차 정면 충돌 사고에서 에어백 전개가 운전자 손상에 미치는 영향을 확인함으로써 교통사고 시 현장 중증도 분류에 기초가 되는 자료를 제공하고자 연구를 하였으며 손상계수(AIS, ISS)와 CDC 코드를 사용하여 교통사고 및 환자 중증도를 확인하였으며 이를 바탕으로 자료를 수집하여 분석하였다. 그 결과 에어백 단독으로만 사용된 운전자는 흉부손상 및 ISS가 높게 나타났으며 ISS 9 이상의 손상을 일으키는 요인으로는 충돌 정도로 나타났다. 에어백은 odds ratio가 2.036으로 다른 요인 보다 높게 나타났지만 통계적으로 유의하지 않는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 현장에서 중증도 분류를 정확히 수행해야 하는 응급구조사에게 에어백 전개만으로는 운전자의 손상을 온전히 예방할 수 없으므로 사고 정황과 기타 여러 여건들을 확인하여 정확한 환자평가가 이루어져 적정 병원으로의 이송이 되어야 할 것이며 이에 대한 국내 실 사고 데이터를 이용한 다양한 연구들이 추가적으로 이루어지길 바란다.

후 기

본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 연구비 지원(16PTSI-C054118-08) 및 한국지엠의 Advanced Technology Work 사업 연구비 지원(PAS-014)으로 수행된 연구입니다.

참고문헌

- (1) NHTSA: National Highway Traffic Safety Administration, <http://www.nhtsa.gov>
- (2) Zador, Ciccone. 1993, Automobile driver fatalities in frontal impacts : air bags compared with manual belts, American Journal Public Health, Vol. 83, No. 5, pp. 661~666.
- (3) Malliaris, Digges, Deblois, 1995, Evaluation of air bag field performance, SAE, 950869.
- (4) Ott, 1995, Review of the air bag effectiveness in real life accidents demands—for positioning and optimal deployment of air bag systems, SAE, 952701.
- (5) Donald, 2001, The effects of belt use and driver characteristics on injury risk in frontal air bag crashes, SAE, ;2001-01-0155.
- (6) Chantal. Minoo, Trilok, Richard, 1999, Us and UK belted driver injuries with and without air bag deployments—A field data analysis, SAE 1999-01-0633.
- (7) Koichi, Kyoko, Akina, Eriko, 2009, A fatal case of air-bag-mediated liver injury in an unrestrained driver, Legal Medicine, Vol. 11, pp. S555~S557.
- (8) Ali, Stuart, Zuzana, Bruce, 1997, Air bag-related ocular trauma, American journal of emergency medicine, Vol. 15, No. 4, pp. 389~392.
- (9) Sasser, Hunt, Faul, Sugarman, et al., 2012, Guidelines for field triage of injured patients: recommendations of the National Expert Panel on Field Triage, 2011. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). MMWR Recomm Rep Vol. 61, pp. 1~20.
- (10) Lehmann, Brounts, Lesperance, Eckert, et al., 2009, A simplified set of trauma triage criteria to safely reduce overtriage: a prospective study. Arch Surg Vol. 144, pp. 853~858.
- (11) Collision Deformation Classification. SAE International Available at http://standards.sae.org/j224_198003/ Accessed April 29, 2011.
- (12) Greenspan, McLellan, Greig, 1985, Abbreviated Injury Scale and Injury Severity Score: a scoring chart, J Trauma, Vol. 25, No. 1, pp. 60~64.
- (13) Bolorunduro, Villegas, Oyetunji, Haut, et al., 2011, Validating the Injury Severity Score (ISS) in Different Populations: ISS Predicts Mortality Better Among Hispanics and Females, JSR, Vol. 166, pp. 40~44.
- (14) Evans, 1986, The effectiveness of safety belts in preventing fatalities. Accid Anal Prev. Vol. 18 pp. 229~241.
- (15) Cummings, McKnight, Rivara, Grossman, 2002, Association of driver air bags with driver fatality: a matched cohort study.[See comment]. BMJ. Vol. 324, pp. 1119~1122.
- (16) National Highway Traffic Safety Administration. Washington, DC, www.nhtsa.dot.gov. 2001.
- (17) National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC, 1999.

- (18) McGwin, Metzger, Alonso, Rue, 2003, The association between occupant restraint systems and risk of injury in frontal motor vehicle collisions. J Trauma, Vol. 54, pp. 1182~1187.
- (19) Justin, Kenneth, Robert, Kevin, 2009, Risk of injury associated with the use of seat belts and air bag in motor vehicle crashes, Bulletin of the NYU hospital for joint Diseases, Vol.66, No. 4, pp. 290~296.
- (20) Brown, Roe, Henry, 1995, A fatality associated with the deployment of an automobile air bag. J Trauma, Vol. 39 No. 6, pp. 1204~1206.
- (21) Lancaster, DeFrance, Borruso, 1993, Air-bag-associated rupture of the right atrium. N Engl J Med. Vol. 328, No. 5, pp. 358.
- (22) Lundy, Lourie. 1998, Two open forearm fractures after air bag deployment during low speed accidents. Clin Orthop. Vol. 351, pp. 191~195.
- (23) Cummings, McKnight, Rivara, Grossman, 2002, Association of driver air bags with driver fatality: a matched cohort study,[See comment], BMJ, Vol. 324, pp. 1119~1122.
- (24) Sutyak, Passi, Hammond, 1997, Air bags alone compared with the combination of mechanical restraints and air bags: implications for the emergency evaluation of crash victims. South Med J. Vol. 90, No. 9, pp. 915~919.
- (25) Paul, William, Russell, Gerald, et al., 2008, Injury risks between first- and second-generation air bags in frontal motor vehicle collisions, Accident Analysis and Prevention, Vol. 40, pp. 1371~1374.