

국내생산차량의 시트 머리구속장치 평가에 관한 연구

조 휘 창¹⁾ · 박 인 송²⁾ · 김 영 은³⁾

서일대학 자동차과¹⁾ · 보험개발원 자동차기술연구소²⁾ · 단국대학교 기계공학과³⁾

A Study on the Evaluation of Head Restraint System in Domestic Cars

Huichang Jo^{*1)} · Insong Park²⁾ · Youngeun Kim³⁾

¹⁾Department of Automotive Engineering, Seoil College, Seoul 131-702, Korea

²⁾Korea Automobile Insurance Repair Research & Training Center, 125-1 Susan-2 ri, Seolseong-Myeon, Icheon-City, Gyeonggido 467-880, Korea

³⁾Department of Mechanical Engineering, Dankook University, Seoul 140-714, Korea

(Received 12 July 2003 / Accepted 8 October 2003)

Abstract : The car seat head restraint is used for neck injury(whiplash injury) prevention in rear end impacts. The purpose of this study was to evaluate the seat head restraints for the total number of 34 domestic cars. H-POINT machine and HRMD(head restraint measuring device) were applied to measure backset(the distance between head and seat head restraint) and height(height gap between head and seat head restraint). For tendency study of driver's head position, we took the 320 driver's pictures in the street. As results, There were only five percent drivers in good and acceptable zone. For car seat head restraint system, the results was 9 cars for good zone, 10 cars for acceptable zone, 9 cars for marginal zone and 6 cars for poor zone were evaluated. For a precise evaluation the of whiplash injury, detailed FE neck model will be developed and the clinical database should be constructed for model validation.

Key words : Neck injury(목상해), Rear end impacts(후방추돌사고), Seat head restraint(시트 머리구속장치), Backset(머리와 머리구속장치간의 전후간격), Height(머리와 머리구속장치간의 높이차이), Whiplash injury(편타성 상해)

1. 서론

통계적으로 충돌사고에서 후면충돌사고 발생률은 약 25~30% 정도이고 이러한 후면충돌사고로 인해 발생하는 상해 중에 목부 상해가 대부분을 차지 하는데, 이로서 지급되는 의료비도 국내의 경우 연간 1,000억원에 이르며 이중 후면추돌시 목부 상해로 인한 의료비는 약 200~220억원에 달하는 것으로 나타났다.¹⁾

후면충돌 사고시 목부 상해를 방지하고 승객의

안전을 도모하기 위하여 세계자동차수리위원회(RCAR)에서는 목부 상해 평가기준을 제정하여 차량별로 평가하고 이를 자동차 제작사가 승객안전을 고려한 설계를 하도록 독려하고 있다.

그동안의 연구동향에서 후면추돌에 의한 목상해 방지를 위한 연구 활동이 주로 사체를 이용한 충격 실험과,²⁾ FE 모델을 이용한 시뮬레이션,^{3,4)} In Vivo 상태의 저속후면충돌실험에 의한 응답특성에 대한 연구들이 수행되고 있으며^{5,7)} 국내에서도 목 상해에 대한 연구는 후면추돌시 목상해 감소를 위한 연구 일환으로 더미를 이용한 충돌시험⁸⁾과 시트강도나 안락성과 관련된 연구⁹⁾ 등이 발표되고 있다.

*To whom correspondence should be addressed.
johui@seoil.ac.kr

따라서 본 연구에서는 후면추돌 사고시 목부 상해에 영향을 미치는 머리구속장치에 대하여 세계자동차수리위원회(RCAR)에서 규정한 평가기준에 따라 평가를 하였다. 이를 위해 우선 운전자들의 주행 중 또는 정차시 운전자세를 카메라로 촬영하여 육안으로 조사 분석하였고, 현재 생산되고 있는 국내 차량에 대해 머리구속장치의 위치에 대해 측정장치를 이용하여 평가하였다. 아울러 차량등급별, 차용도별에 따른 경향과 차량에 적용되고 있는 머리구속장치의 형태에 대해 분석하고 목상해를 줄이기 위한 방안에 대해서도 제시하여 보았다.

2. 목상해 기준

목부 상해와 관련하여 법규동향을 살펴보면 승용차량 시트의 안전기준에서 목부 상해를 감소시킬 수 있는 시트 머리구속장치에 대한 기하학적 안전기준을 적용하고 있는 지역은 ECE 뿐이며 미국 및 국내에서는 등받이 강도와 마운팅 강도평가 기준만을 적용하고 있는 실정이다.

미국의 경우 후면추돌시 목부 상해 안전기준은 IIHS(insurance institute for highway safety)에서 최초로 실시하였고 입법예고 및 입법화가 2003년 목표로 추진되고 있는 실정이다.

따라서 국내의 경우도 후면추돌시 좌석등받이 강도 및 구조 그리고 마운팅 강도개선 뿐만 아니라 목부 상해 위험도를 향상시킬 수 있는 시트 머리구속장치의 기하학적 평가등 안전기준의 마련이 이루어져야 할 것이다.

한편 Mertz등에 의해 새로이 제시한 목상해 기준은 Table 1에서 보여주는 바와 같이 굴전(tension)은

Table 1 Various proposed limits for neck injury

Parameter	5th % Female	95th % Male
Tension(N)	2200	4050
Extension(Nm)	31	78
Tension intercept(N) for normalized neck tension	1660	3190
Extension intercept(Nm) for normalized extension	25	67
Combined mention-extension NTE		
Tension intercept(N)	2490	4730
Extension intercept(Nm)	39	103

5th percent Female에서 2200 N, 95th percent Male에서 4050 N, 인장(extension)모멘트는 각각 31 Nm, 78 Nm이다. 한편 후면 저속충돌시험에서 Bostrom등에 의해 제안된 수학적 모델은 다음과 같다.

$$NIC(\text{neck injury criteria}) = a_{rel} \times 0.2 + v_{rel}^2 \quad (1)$$

여기서 a_{rel} 와 v_{rel} 은 상대수평가속도와 속도를 나타낸 것으로 최대 목상해의 한계기준을 $NIC < 15 \text{ m}^2/\text{s}^2$ 으로 제안한 바 있다.^{10,11)}

3. 머리구속장치 조사 및 측정평가

3.1 평가기준

세계자동차수리위원회에서는 2000년에 목부 상해에 대한 그동안의 연구결과와 더불어 평가기준을 제정하고 차량 개발시 이를 적극 반영토록 권장하고 있다.

그 내용은 크게 머리후단부와 머리구속장치의 전단부와의 거리를 나타내는 전후간격(backset)과 머리상단부와 머리구속장치 상단부와의 높이 차이를 나타내는 상하거리(height)로 Fig. 1과 같이 규정하고 있다.

또한 Table 2와 같이 그 영역을 크게 Zone1(우수), Zone2(양호), Zone3(보통), Zone4(미흡)의 4개영역으로 구분하였으며, 이에 대한 전후간격(backset)의 범위와 상하거리(height)의 범위를 Fig. 2와 같이 그림으로 나타낼 수 있다.

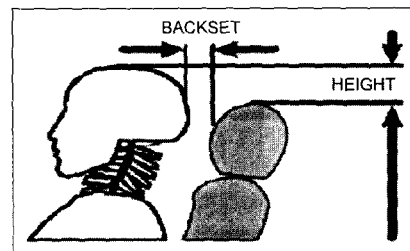


Fig. 1 Definition of backset and height

Table 2 The range of backset and height in each zone

Zone	Backset	Height	Grade
Zone 1	$B \leq 70 \text{ mm}$	$H \leq 60 \text{ mm}$	우수(good)
Zone 2	$70 < B \leq 90 \text{ mm}$	$60 < H \leq 80 \text{ mm}$	양호(acceptable)
Zone 3	$90 < B \leq 110 \text{ mm}$	$80 < H \leq 100 \text{ mm}$	보통(marginal)
Zone 4	$B > 110 \text{ mm}$	$H > 100 \text{ mm}$	미흡(poor)

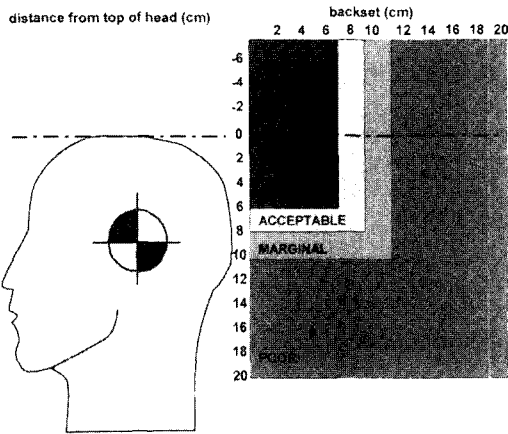


Fig. 2 Diagram for grade evaluation

3.2 측정평가 장비 및 방법

시트 머리구속장치의 위험도 측정에 사용된 측정 장비는 미국 자동차공학회(SAE)에서 제작된 H-POINT machine과 RCAR 기관(캐나다 ICBC)에서 제작된 HRMD(head restraint measuring device)를 사용하였으며, Table 3에서 측정 장비의 기술표준사항을 보여주고 있다.¹²⁻¹⁴⁾

그리고 Fig. 3은 H-POINT machine과 HRMD이고, Fig. 4는 HRMD와 H-POINT machine의 조립한 상태를 나타낸 것으로 실제 시트 머리구속장치의 측정 시에는 HRMD와 H-POINT machine를 조립하여 사용하였다.

차량별 시트 머리구속장치의 위험도 측정 및 평가를 위해 세계자동차수리위원회에서 규정한 측정 평가방법은 Table 4와 같으며 본 연구에서도 같은 방법이 사용되었다.^{12,14)}

Table 3 Technical standard of test equipment

Division	H-POINT machine	HRMD
Maker	미국자동차공학회 (SAE)	RCAR 기관 (캐나다 ICBC)
Basis	구조 - SAE J826(95년 6월) - FMVSS 49 CRF 17.208.11.4.3.1 설치 - SAE J1100	SAE1999-01-0639
Usage	본 장비는 시트의 거주성을 측정하고 치수를 결정하는 데 사용됨	H-POINT 머신 상단에 연결하여 사용

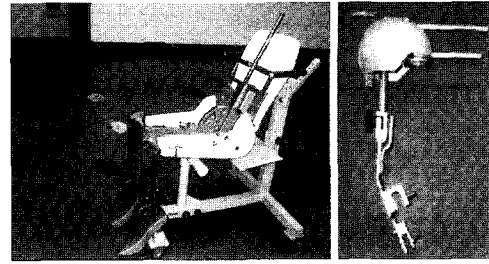


Fig. 3 H-POINT machine & HRMD

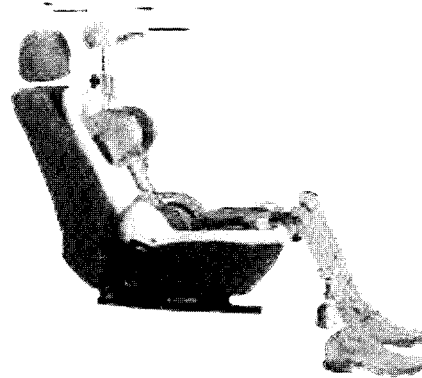


Fig. 4 Assembly of HRMD & H-POINT machine

Table 4 Process of seat evaluation

Process	Method
1. Seat 및 Head rest 위치 Set up	<ul style="list-style-type: none"> • Seat : 상하좌우 조절 가능시 조정위치, 불가능시 기준위치 • Seat back : 조절 가능시 25°(±1°), 불가능시 기준위치 • Head rest : 조절 가능시 checking manual 참조, 불가능시 기준위치
2. H-Point machine set up	<ul style="list-style-type: none"> • Thigh 10%, Lower leg 50%, 무릎과 무릎사이 10 inch로 설정 • 수평 level를 맞추어 weight 부가 • Torso weight 부가
3. HRMD setting	<ul style="list-style-type: none"> • Backset 측정자 설치, HRMD를 평행하게 설치, 높이측정자 분리 • H-Point machine 몸통 중량길이 간에 HRMD 장착 • 높이 측정자 설치 • Height 및 Backset 치수측정
4. Rank	<ul style="list-style-type: none"> • Height 및 Backset 측정치수의 각 zone별 rank

아울러 차량별 시트 머리구속장치의 위험도 측정 및 평가를 위해 세계자동차수리위원회 기준에 따라

대상차종별 3회 반복측정(반복측정은 1시간 경과 후 재측정)을 하였다.

한편 머리구속장치의 평가이전에 우선 운전자들의 운전자세습관에 대한 경향과 이를 토대로 한 분석이 필요하므로 이의 조사를 위해 주행중 또는 정차시 운전자세를 카메라로 약 320건을 일반도로에서 사진촬영하여 육안으로 분석하였다.

3.3 조사측정평가 결과 및 토의

3.3.1 주행 중 운전자의 운전자세

주행 중 운전자의 운전자세에 대해 조사한 결과 운전자의 대부분이 두부(머리)를 시트 머리구속장치에 밀착된 자세로 운전하는 경우가 거의 없었다. 또한 목부 상해를 방지할 수 있는 운전자세 즉 우수(Good)영역에 위치하는 경우는 소수의 운전자였으며 우수영역이라 할지라도 시트등받이를 각도가 정상위치인 약 20~25도에 위치하지 않은 경우가 많아 후면추돌시 목부 상해 위험에 무방비로 노출되어 있는 상태임을 확인하였다.

아울러 승객의 시트 머리구속장치의 중요성에 대한 인식부재와 운전을 시작하기 전에 시트 및 머리구속장치를 자기체형에 맞게 위치 조정하는 습관화가 필요한 것으로 판단됐으며, Fig. 5에서 운전자의 운전자세에 대한 한 예를 보여주고 있다.



Fig. 5 Driver's head position in driving

3.3.2 시트 머리구속장치 측정 및 평가결과

차량별 시트 머리구속장치 위험도 측정 및 평가는 국내 승용 차종 중 34차종을 실시하였다.

측정방법은 앞에서 기술한 방법에 따라 3회 반복 실시하고 그 평균값으로 차량별 위험도 평가를 하였으며 Table 5에 이때 각 차량의 측정값을 나타내고 있다.

Table 5 Measurement results of the head restraint positions

Car NO.	NO.1		NO.2		NO.3		Average	
	Backset (cm)	Height (cm)	Backset (cm)	Height (cm)	Backset (cm)	Height (cm)	Backset (cm)	Height (cm)
1	6.2	5.7	6.2	5.6	6.3	5.9	6.25	5.75
2	2.9	4.2	3.0	4.6	3.1	4.7	3	4.5
3	2.6	4	2.4	4.3	2.5	4.5	2.5	4.25
4	3.7	6.9	3.8	7.2	3.7	6.9	3.75	7
5	1.8	4.7	2	4.8	2.2	4.7	2	4.75
6	6.1	3.8	6.2	4.1	6.5	4.1	6.25	4
7	6.2	5.5	6.2	5.4	6.3	5.5	6.25	5.5
8	4.8	1.6	4.7	1.9	4.7	1.7	4.75	1.75
9	2.5	3.6	2.6	3.5	2.5	3.4	2.5	3.5
10	5.9	7.2	6	7.3	6	7.3	6	7.25
11	5.8	7.3	5.9	7.2	6.1	7.3	6	7.25
12	1.8	6.5	1.7	6.4	1.8	6.5	1.75	6.5
13	3	7.7	3.1	7.8	3	7.7	3	7.75
14	1.4	8	1.5	8.1	1.6	8	1.5	8
15	2.4	7.7	2.6	7.7	2.5	7.8	2.5	7.75
16	5.6	6.2	5.5	6.1	5.4	6.3	5.5	6.25
17	8.6	7.3	8.4	7.2	8.5	7.2	8.5	7.25
18	4.7	6.5	4.8	6.4	6.6	4.7	4.75	6.5
19	4.6	7.8	4.8	7.9	4.9	8.2	4.75	8
20	4.3	8.3	4.2	8.5	4.3	8.7	4.25	8.5
21	3.6	9.4	3.4	9.6	3.5	9.5	3.5	9.5
22	3.1	9.4	2.9	9.5	3	9.6	3	9.5
23	3.8	9	4.2	8.8	4	9.2	4	9
24	2.6	9.1	2.8	8.8	2.85	9.1	2.75	9
25	7.2	9.6	7	9.4	6.8	9.3	7	9.5
26	6.8	9.1	6.9	9	7.3	8.9	7	9
27	5.6	9.9	5.5	10	5.4	10.1	5.5	10
28	4.3	5.4	4.5	5.2	4.7	5.1	4.5	5.25
29	5	10.4	4.9	10.4	5.1	10.7	5	10.5
30	3.2	10.8	2.9	11.1	2.9	11.1	3	11
31	5.3	10.6	5.4	10.5	5.1	10.7	5.25	10.6
32	4.7	10.4	4.8	10.6	4.8	10.5	4.75	10.5
33	6	12.2	6.1	12.3	5.9	12.3	6	12.25
34	6.3	10.4	6.2	10.6	6.2	10.5	6.25	10.5

최종 평가결과는 Table 6에서 보여주듯이 우수(Good)차량이 9대로 26.4%, 양호(Acceptable)차량이 10대로 29.4%, 보통(Marginal)차량이 9대로 26.4%, 미흡(Poor)차량이 6대로 17.8%의 비율로 나타났다.

여기에서 차량번호는 임의로 표기하였으며 차량별 머리구속장치의 방식에 대해서도 조사하였다.

Table 6 Results of the head restraints evaluation

Rank	Car no.	Segment	Model year	Head rest type		Percent -age
				Height	Backset	
Good	1	소형	2002	조정 lock	고정	26.4% (9대)
	2	소형	2002	조정 lock	고정	
	3	RV	2001	조정 lock	고정	
	4	SUV	2001	조정 lock	고정	
	5	승합	2000	조정 lock	고정	
	6	중형	2001	조정 lock	고정	
	7	소형	2000	조정 lock	고정	
	8	승합	2000	조정 lock	조정 lock	
	9	중형	2002	조정 lock	고정	
Acceptable	10	중형	1997	조정 lock	고정	29.4% (10대)
	11	경차	1998	조정 lock	고정	
	12	중형	1999	조정 lock	조정 lock	
	13	중형	2002	조정 lock	조정 lock	
	14	중형	2002	조정 lock	조정 lock	
	15	소형	1998	조정 lock	조정 lock	
	16	승합	2000	조정 lock	조정 lock	
	17	승합	1996	조정 lock	고정	
	18	고급형	2000	조정 lock	조정 lock	
Marginal	19	고급형	2002	조정 lock	조정 lock	26.4% (9대)
	20	대형	2001	조정 lock	고정	
	21	고급형	1997	조정 lock	조정 unlock	
	22	SUV	1999	조정 lock	조정 unlock	
	23	중형	1994	조정 lock	고정	
	24	고급형	1994	조정 lock	조정 lock	
	25	소형	1994	조정 lock	고정	
	26	경차	2002	조정 lock	고정	
	27	RV	1999	조정 lock	고정	
Poor	28	SUV	2001	조정 lock	조정 lock	17.8% (6대)
	29	소형	2002	조정 lock	고정	
	30	고급형	1999	조정 lock	조정 lock	
	31	고급형	2002	조정 lock	조정 lock	
	32	중형	1997	조정 lock	고정	
33	경차	1999	조정 lock	고정		
34	소형	1996	조정 lock	고정		
Total				100%(34대)		

차량연식에 따른 분포에서는 최근 신차의 경우 상위 등급인 우수 또는 양호에 다수가 속해 제작사의 개선노력을 확인 할 수 있었다.

Table 7에서와 같이 차량크기에 따른 분포에서는 소형, 중형차량의 경우 최근에 생산한 차종은 상위 등급에 속하고 있지만 오래된 차종들은 하위등급에 속하였다.

Table 7 Evaluation results for car size

Segment	Rank	Percentage	Total
Small (경소형)	Good	30% (3대)	10대
	Acceptable	20% (2대)	
	Marginal	20% (2대)	
	Poor	30% (3대)	
Medium (중형)	Good	25% (2대)	8대
	Acceptable	50% (4대)	
	Marginal	12.5% (1대)	
	Poor	12.5% (1대)	
Large (대형)	Good	0% (0대)	7대
	Acceptable	29% (2대)	
	Marginal	42% (3대)	
	Poor	29% (3대)	
Total		25대	

Table 8 Evaluation results for RV and SUV

Rank	Car	Segment	Head rest type		Percent -age
			Height	Backset	
Good	G-1	RV	조정 lock	고정	45% (4대)
	G-2	SUV	조정 lock	고정	
	G-3	승합	조정 lock	고정	
	G-4	승합	조정 lock	조정 lock	
Acceptable	A-1	승합	조정 lock	조정 lock	22% (2대)
	A-2	승합	조정 lock	고정	
Marginal	M-1	SUV	조정 lock	조정 unlock	33% (3대)
	M-2	RV	조정 lock	고정	
	M-3	SUV	조정 lock	조정 lock	
Poor					0%
Total			100%(9대)		

소형차종에 있어서도 목부 상해 방지에 대한 개선이 상당히 진행되고 있지만 대형차의 경우 예상 외로 미흡 또는 보통에 해당되는 차량이 많았다.

한편 승합차량의 경우에는 대부분 양호 또는 우수영역에 속해 목부 상해를 고려한 개발이 됐음을 알 수 있으며 그 결과를 Table 8에서 보여주고 있다.

국내 승용차종의 시트 머리구속장치 종류별 적용 분포도에 대해 분석한 결과, 조사차량에 적용한 머리구속장치 구조별 적용범위는 고정형, 높이조정 비잠금/틸트고정, 높이조정 잠금/틸트고정, 높이 고정/틸트조정 비잠금, 높이고정/틸트조정 잠금, 높이 잠금/틸트잠금 없음, 높이잠금 없음/틸트잠금, 높이

및 틸트잠금, 능동형 등 총 9종의 시트 머리구속장치가 사용되고 있었다.

그중 머리구속장치의 평가대상차종에 적용된 유형은 높이조정 잠금/틸트고정형이 20종, 높이조정 잠금/틸트조정형이 12종, 높이조정 잠금/틸트조정 비잠금형이 2종이고, 우수영역에서는 높이조정 잠금/틸트고정형의 경우가 89%를 차지했으며 양호 영역에서는 높이조정 잠금/틸트조정형이 72%를 차지했다.

높이조정 잠금/틸트조정형이 성능적으로 높이조정 잠금/틸트고정형에 비해 상위 방식임에도 불구하고 우수영역에 랭크율이 작은데 이는 운전자의 탑승자세에 따른 활용성은 좋으나 등급평가에는 한 단계 미흡한 것으로 머리구속장치의 조절기능과 더불어 시트 개발시 착좌자세를 고려한 설계가 이루어져야 우수한 성능을 확보할 수 있음을 알 수 있었다.

아울러 최근 개발이 되고 있는 능동형 머리구속장치나 머리구속장치 에어백등이 성능면에서는 유리할 것으로 예상된다. 또한 각 운전자들의 운전자세나 습관, 서로 다른 체형등을 고려할 때 운전자에 따라 자기체형에 머리구속장치를 한번 조정해 놓으면 자동으로 위치조정이 될 수 있도록 머리구속장치에도 메모리 시트와 같은 간단한 전기구동장치를 이용하여 위치 기억 머리구속장치를 개발하는 것도 유효한 대안이라 할 수 있겠다.

4. 결 론

자동차 시트 머리구속장치 평가에 관한 연구를 위해 운전자세에 대한 조사와 차량별 시트 머리구속장치에 대한 측정 및 평가를 하였다.

그 결과 주행 중 목부 상해를 방지 할 수 있는 운전자세를 취한 경우는 소수로 조사되었고 운전을 시작하기 전 시트 머리구속장치를 운전자 체형에 맞게 위치를 조정하지 않아 운전자들 대다수가 후면추돌시 목부 상해 위험에 노출되어 있었다. 따라서 운전자 목부 상해 방지장치(머리구속장치)에 대한 중요성의 홍보와 목부 상해 방지를 위한 머리구속장치의 개발대응도 병행되어야 할 것이다.

차량별 시트 머리구속장치 위험도 평가에서는 측

정대상 34차종 중 상위 우수 및 양호영역에 해당되는 차종은 55.8%에 이르렀으며 약 44.2%는 불만족한 보통, 미흡에 속하고 있었다. 이중 최근에 출고된 신차의 경우 상위 등급인 우수 또는 양호에 속하여 목부 상해에 대한 대책이 고려됐음을 알 수 있다.

향후 편타성 상해(whiplash injury) 발생구조에 대한 역학적 분석과 이를 위해서 상세 FE 목모델 개발을 통한 추가적 연구가 필요한 것으로 판단된다. 또한 이의 검증을 위해 관련된 임상적 데이터베이스 확보와 아울러 시뮬레이션을 통한 비교분석을 위해 보다 세밀화 된 모델 개발이 요구된다. 더불어 관련 기관에서도 전방충돌 뿐만 아니라 후면추돌시 목상해와 관련된 안전기준의 조속한 마련이 요구된다.

References

- 1) Korea Insurance Development Institute, "Automobile Insurance Statistical Data," KIDI, pp.56-60, 2000.
- 2) B. Deng, P. C. Begeman, K. H. Yang, S. Tashman, A. I. King, "Kinematic of Human Cadaver Cervical Spine during Low Speed Rear-end Impacts," Stapp Car Crash Journal, Vol.44, pp.171-188, 2000.
- 3) D. L. Camacho, R. W. Nightingale, J. J. Robinette, S. K. Vanguri, D. J. Coates, B. S. Myers, "Experimental Flexibility Measurements for the Development of a Computational Head-Neck Model Validated for Neck-Vertex Head Impact," SAE 973345, pp.473-486, 1997.
- 4) F. Dauvilliers, F. Bendjellal, M. Weiss, F. Lavaste, C. Tarriere, "Development of Finite Element Model of the Neck," SAE 942210, pp.77-91, 1994.
- 5) Z. Dvir, T. Prushansky, "Reproducibility and Instrument Validity of a new Ultrasonography-based Systems for Measuring Cervical Spine Kinematics," Clinical Biomechanics 15, pp.658-664, 2000.
- 6) K. Ono, S. Inami, K. Kaneoka, T. Gotou, Y. Kisanuki, S. Sakuma, K. Miki, "Relationship between Localized Spine Deformation and Cervical Vertebral Motions for Low Speed Rear Impacts Using Human Volunteers,"

- IRCOBI Conference(spain), pp.149-164, 1999.
- 7) D. S. Zuby, D. T. Vann, A. K. Lund, "Crash Test Evaluation of Whiplash Injury Risk," Stapp Car Crash Journal, Vol.43, pp.267-278, 1999.
 - 8) J. W. Lee, K. H. Yoon, G. G. Park, "A Study on Occupant Neck Injury in Rear End Collisions," Transactions of KSAE, Vol.8, No.3, pp.130-138, 2000.
 - 9) K. H. Yoon, J. W. Lee, H. W. Park, B. R. Song, H. S. Kim, "A Study of the Relationship between Seat Back Strength and Occupant Neck Injury in Rear End Collisions," KSAE Spring Conference Proceeding, pp.1-6, 1998.
 - 10) N. Yoganandan, F. A. Pintar, B. D. Stemper, M. B. Schlick, "Biomechanics of Human Occupants in Simulated Rear Crashes: Documentation of Neck Injuries and Comparison of Injury Criteria," Stapp Car Crash Journal, Vol.44, pp.189-204, 2000.
 - 11) A. C. Croft, P. Herring, M. D. Freeman, M. T. Haneline, "The Neck Injury Criterion : Future Consideration," Accident Analysis and Prevention 34, pp.247-255, 2002.
 - 12) SAE Standard, "Devices for Use Defining and Measuring Vehicle Seating Accommodation - Three Dimensional H-Point Machine," SAE J826, 1995.
 - 13) ICBC, Buying a Better Auto, Insurance Corporation of British Columbia, Publication NO. P153B, 1999.
 - 14) J. Gane, "Measurement of Vehicle Head Restraint Geometry," SAE 1999-01-0639, 1999.