

## KNCAP 머리상해기준값에 관한 고찰

임재문\* · 이광원\*\*

### A Consideration on the Head Injury Criterion of KNCAP

J. M. Lim\*, K. W. Lee\*\*

*Key Words* : Head Injury Criterion(머리상해기준값), Head Injury Risk Curve(머리상해위험곡선), Abbreviated Injury Scale(약식상해치), Frontal Impact(정면충돌), Skull Fracture(두개골 골절)

#### ABSTRACT

Prasad and Mertz published head injury risk curves for skull fracture and for Abbreviated Injury Scale (AIS)  $\geq 4$  brain injury due to forehead impacts based on the 15ms HIC criterion. KNCAP adopted the HIC36 criterion for the male dummy and the HIC15 criterion for the female dummy. In this paper, it was studied that which of the HIC15 and HIC36 was more effective for the male dummy head injury evaluation. The frontal US-NCAP data for the 7 vehicles from the NHTSA test database were used to evaluate the head injuries. In the case of using the HIC15 and evaluation range 250~700, the discrimination of the rating for the occupant head injury was increased.

#### 1. 서론

Mertz와 Prasad에 의해 개발된 머리상해위험곡선(HIRC: Head Injury Risk Curve)은 AIS  $\geq 4$  기준으로 머리상해기준값(HIC)를 산출하여 두개골골절(Skull Fracture) 및 뇌손상(Brain Damage) 가능성을 파악할 수 있도록 해준다. Mertz와 Prasad는 HIC(Head Injury Criterion)를 산출하는 경과시간이 매우 중요한 요인임을 밝히고 15ms 이하로 할 것을 제안하고 있다<sup>1-3)</sup>.

Mertz와 Prasad가 개발한 머리상해위험곡선은 US-NCAP과 EuroNCAP 및 KNCAP 등에서 머리상해 가능성을 평가하는데 사용되고 있다. US-NCAP에서는 HIC15를 통하여 고정벽 정면충돌시험에서 머리상해기준값 및 상해가능성을 산출하고 있으며, EuroNCAP 및 KNCAP에서는 HIC36을 통해 부분 정면충돌시험에서 머리상해기준값 및 평가점수를 산출하고 있다<sup>4-7)</sup>.

1999년부터 KNCAP이 시작된 이래 국내 제작사에 서 생산하는 자동차의 충돌 안전성은 시행 초기에 비해 크게 상승하였으며, 제작사의 노력에 의한 안전도 향상으로 최근에 평가되는 자동차의 정면충돌시험에서 인체모형의 머리상해기준값은 대부분 만점을 받고 있다<sup>8)</sup>. 2013년도부터는 고정벽 정면충돌시험에서 운전자석의 경우 50%tile HybridIII 남성인체모형을 착석시켜 머리상해기준값을 HIC36 으로 산출하고, 전방 탑승자석에는 5%tile HybridIII 여성인체모형을 착석시켜 US-NCAP과 같이 머리상해기준값을 HIC15로 산출하여 평가할 예정이다<sup>7)</sup>. 이와 같이 하나의 시험방법에서 두 개의 평가기준을 유지하는 것은 자동차 제작사나 일반 소비자들에게 혼란을 줄 우려도 있다.

본 논문에서는 HIC15와 HIC36 기준을 이용하여 머리상해기준값 산출에 따른 결과를 비교하고자 한다. 이를 위해 NHTSA의 NCAP 정면충돌시험 데이터베이스에서 MY2012에 시험된 차종 중 7차종을 선정하였다<sup>9)</sup>. KNCAP에서 인체의 머리상해와 관련하여 평가 점수를 산출할 때, 머리상해기준값을 HIC15와 HIC36

\* 대덕대학교 기계설계학과

\*\* 기술보증기금 중앙기술평가원

E-mail : jmlim@ddc.ac.kr

및 상해값의 범위를 어떻게 정하는 것이 변별력을 높이고 자동차의 안전을 향상시킬 수 있는 방법인지 검토하고자 한다.

## 2. 머리상해위험곡선

Fig. 1은 Mertz와 Prasad에 의해 개발된 머리상해 위험 곡선이며, 15 ms 동안 구한 머리상해기준값(HIC15)을 이용하여 AIS≥4 기준으로 뇌손상 및 두개골 골절 가능성을 구하는 것을 나타낸 것이다<sup>1,3)</sup>. Fig. 1에 의하면 HIC15가 700이면 뇌손상 가능성이 5% 이하, HIC15가 500이면 뇌손상 가능성이 2% 이하, HIC15가 250이면 0.5% 이하인 것을 알 수 있다.

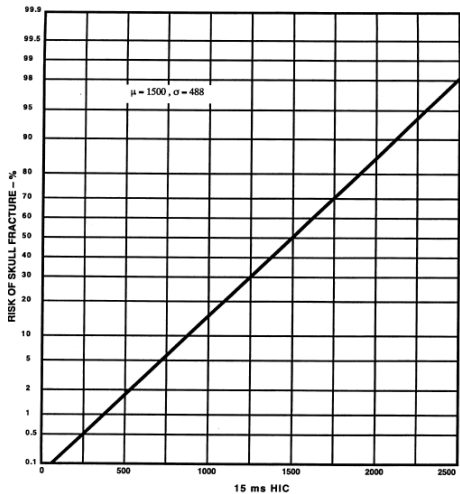


Fig. 1 Risk of Abbreviated Injury Scale (AIS)≥4 brain injury as a function of 15 ms HIC for forehead impact

KNCAP에서 고정벽 정면충돌시험에서 운전자석 인체모형의 평가점수 산출은 HIC36 650~1000을 기준으로 0~6을 부여하고 있다<sup>7)</sup>. HIC36이 650이면 AIS ≥ 3 기준의 머리상해 가능성이 5% 이하를 나타내고, HIC36이 1000이면 머리상해 가능성이 20% 이하를 나타내는 것으로 나타나 있다<sup>6)</sup>.

HIC15를 이용할 때 AIS ≥ 3 기준에 의한 머리상해 가능성은 NHTSA에서 개발한 식 (1)을 이용하여 구할 수 있다<sup>5)</sup>.

$$P_{head} = \Phi\left(\frac{\ln(HIC15) - 7.45231}{0.73998}\right) \quad (1)$$

식 (1)에서  $\Phi$ 는 누적정규분포(Cumulative normal distribution)을 나타낸다.

식 (1)은 US-NCAP에서 MY2010 차종부터 적용하고 있으며, 머리상해 가능성을 산출하기 위하여 기존의 머리상해 관련 연구결과를 참고하여 새로 개발된 머리상해위험곡선이다<sup>5)</sup>. 식 (1)을 이용하여 HIC15 값에 따른 머리상해 가능성을 계산하면 Table 1과 같다.

Table 1 Probability of head injury (AIS ≥ 3)

HIC15	250	500	700
Probability	0.5 %	4.7 %	11.2 %

## 3. 시험데이터 분석

HIC15와 HIC36을 비교하기 위하여 NCAP 정면충돌 시험 데이터는 NHTSA의 MY2012 7 차종에 대한 US-NCAP 정면충돌시험자료로부터 구하였으며, 차종은 국내 제작사에서 생산한 자동차로 선정하였다<sup>8)</sup>. US-NCAP은 MY2010 차종부터 운전자석은 50%tile HybridIII 남성인체모형을 종진과 같이 착석시키고 있지만, 전방탑승자석에 대해서는 5%tile HybridIII 여성인체모형을 착석시켜 정면충돌시험을 시행하고 있다. 따라서, 본 논문에서는 현재 시행되고 있는 KNCAP의 머리상해기준값에 대한 것을 고찰하기 위하여 운전자석의 인체모형의 데이터만 비교 검토하였다.

Table 2는 7차종에 대한 운전자석에 착석시킨 인체모형의 머리상해기준값을 나타낸 것이다. Table 2에서 보는 것과 같이, HIC15와 HIC36의 크기가 반드시 비례해서 커지거나 작아지는 것은 아니라는 것을 보여주고 있다.

Table 2 HIC for driver seat dummy

Vehicle	HIC15	HIC36
Accent	210.1	434.8
Elantra	178.3	353.2
Santafe	326.3	439.1
Sorento	270.9	336.3
Soul	189.0	424.4
Sportage	178.4	309.7
Tucson	279.8	367.6

Fig. 2에서 Fig. 8에는 차종별로 인체모형의 머리가 속도 곡선을 나타내었다. 가속도 곡선은 NHTSA의 측정 데이터(Raw data)를 1000 Hz로 필터링한 후에 X, Y, Z 방향의 가속도값을 합산하여 나타낸 것이다<sup>7)</sup>. 가속도값의 필터링, 합산, HIC15 및 HIC36은 NHTSA에서 제공하는 프로그램을 이용하여 구하였다<sup>10)</sup>.

가속도 피크값의 크기는 차종별로 상이하지만 대체로 50 ms~100 ms 범위에서 밴드를 형성하고 있는 것을 알 수 있다. 가속도 피크값이 50 g를 넘는 경우에는 HIC36 값이 대체로 400을 초과하는 것을 알 수 있다. Sorento와 Tucson의 경우에는 가속도 피크값은 50 g를 초과하였으나, 피크값이 나타나는 밴드가 상대적으로 좁아 HIC36의 값이 400을 초과하지 않은 것을 알 수 있다.

Accent는 HIC36은 400을 초과하였으나 HIC15는 비교적 작은 값인 210.1을 기록하였다. 이는 Fig. 2에 나타난 것과 같이 전체적인 밴드는 넓은 편이지만, 피크가 2개로 분리되어 HIC15를 산출하는 경우에는 상대적으로 유리해진 것으로 판단된다.

Elantra 및 Soul도 HIC15를 산출하는 경우에는 Accent와 유사한 특성을 가지고 있는 것으로 생각된다. 이에 반해 Santafe, Sorento 및 Tucson은 피크값 부근의 밴드가 비교적 좁은 편이지만 피크값이 하나로 나타나고 있으며, 크기도 50 g를 초과하고 있으므로 HIC15가 250을 초과하고 있는 것으로 생각된다.

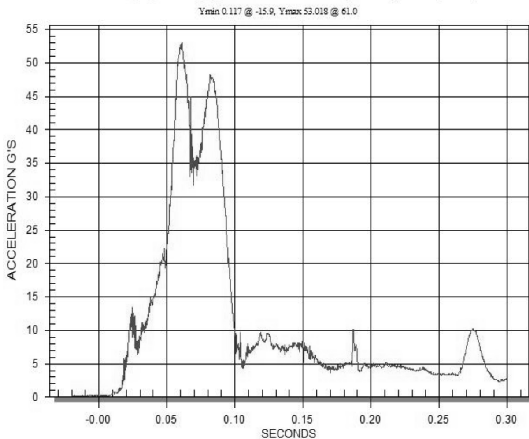


Fig. 2 Resultant head acceleration curve (Accent)

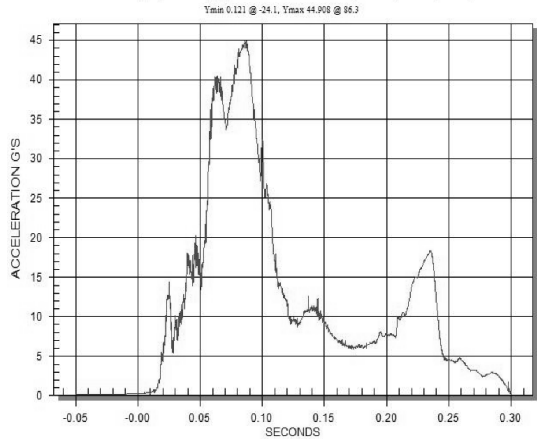


Fig. 3 Resultant head acceleration curve (Elantra)

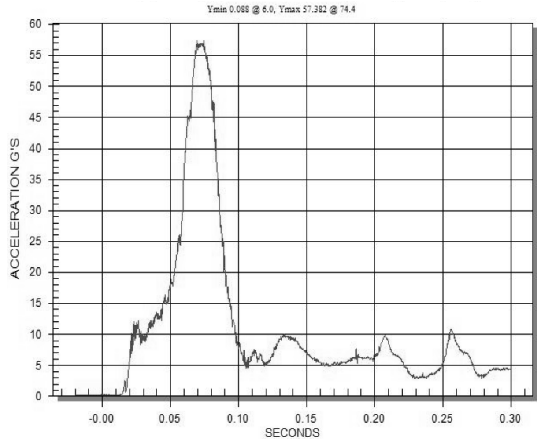


Fig. 4 Resultant head acceleration curve (Santafe)

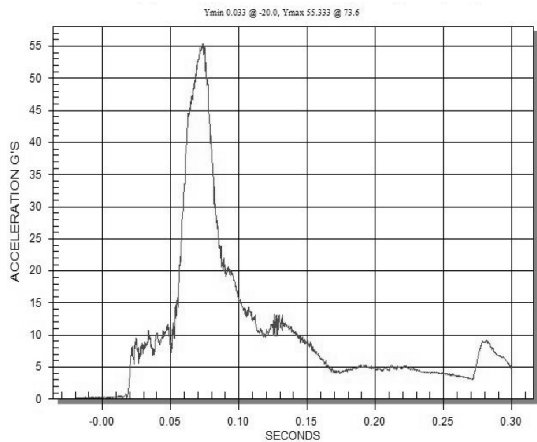


Fig. 5 Resultant head acceleration curve (Sorento)

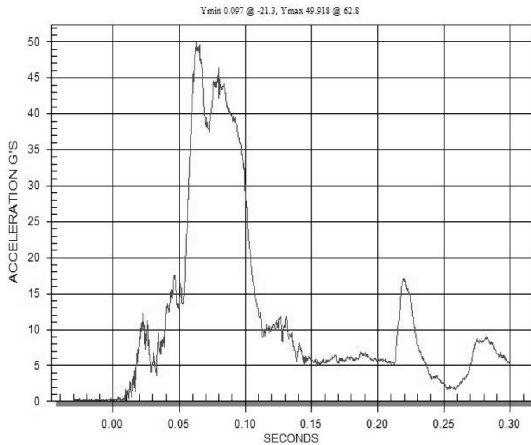


Fig. 6 Resultant head acceleration curve (Soul)

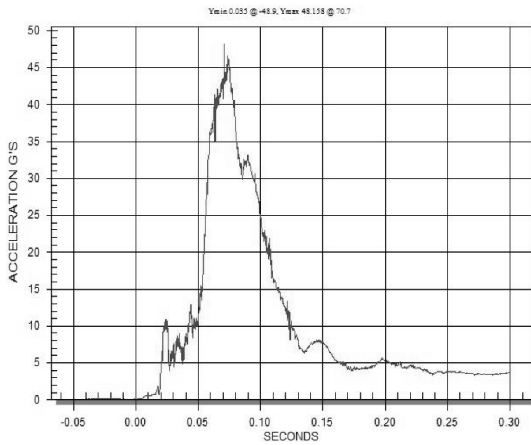


Fig. 7 Resultant head acceleration curve (Sportage)

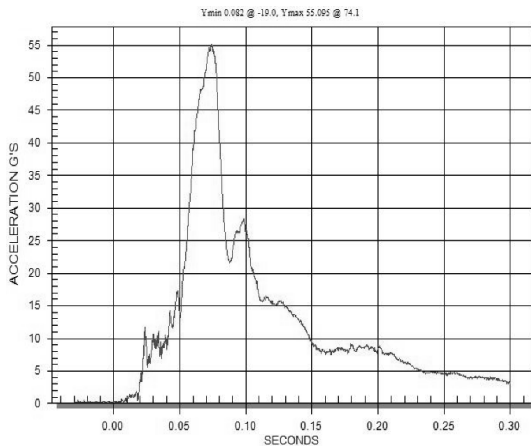


Fig. 8 Resultant head acceleration curve (Tucson)

#### 4. 고찰

Table 3은 머리상해기준을 달리 했을 때 각각의 평가 기준에 따라 점수로 환산한 것이다. HIC 값이 최소값일 때 6점 만점을 부여하고, 최대값인 경우에는 0을 부여하며, 중간값인 경우에는 보간법을 사용하여 산출하였다. Table 2에서 HIC36(650~1000) 및 HIC15(500~700)는 KNCAP에서 각각 남성 인체모형과 여성 인체모형에 적용되는 기준이다. HIC15(250~700)는 본 논문에서 제시하고자 하는 평가기준이며, HIC15가 250이하일 때 AIS≥3 또는 AIS≥4 기준으로 두개골골절 및 뇌손상 가능성이 0.5% 이하로 나타나는 것을 의미한다.

Table 3에서 보는 것과 같이, KNCAP에서 현재 남성 인체모형에 적용되고 HIC36(650~1000) 및 향후 여성 인체모형에 적용될 HIC15(500~700) 평가기준을 적용했을 경우에는 모든 차종의 머리상해기준값이 만점을 받는 것을 알 수 있다. HIC15(250~700)로 평가기준을 적용했을 경우에는 4차종을 만점을 받았지만 3차종은 만점을 받지 못한 것을 알 수 있다.

즉, 머리상해기준값의 평가기준을 HIC15(250~700)로 적용하는 경우에는, 남성 및 여성 인체모형에 적용될 HIC36(650~1000) 및 HIC15(500~700) 평가기준을 적용하는 것보다 평가대상 자동차별로 변별력이 발생하는 것을 알 수 있다.

Table 3 Evaluation points

Vehicle	HIC36 (650~1000)	HIC15 (500~700)	HIC15 (250~700)
Accent	6.00	6.00	6.00
Elantra	6.00	6.00	6.00
Santafe	6.00	6.00	4.99
Sorento	6.00	6.00	5.72
Soul	6.00	6.00	6.00
Sportage	6.00	6.00	6.00
Tucson	6.00	6.00	5.60

#### 5. 결론

본 논문에서는 KNCAP에서 시행되고 있는 고정벽 정면충돌 안전성에서 머리상해기준값을 평가할 때 차종별로 변별력을 향상시키기 위한 방법을 제시하고자 하였다.

정면충돌시험 데이터는 NHTSA에서 제공하는 US-NCAP 정면충돌 데이터베이스에서 국내 제작사가 생산한 MY2012 7 차종으로부터 구하였다. 평가기준은 운전자석 인체모형에서 측정된 데이터에 HIC36(650~1000), HIC15(500~700) 및 HIC15(250~700)로 구분하여 각각 적용하여, 50%tile HybridIII 남성 인체모형의 머리상해 관련 평가점수를 시뮬레이션하였다.

기존에 KNCAP에서 적용하고 있는 HIC36(650~1000) 평가기준 및 2013년도부터 전방탑승자석에 착석시킬 50%tile HybridIII 여성 인체모형에 적용하게 될 HIC15(500~700) 평가기준을 적용하는 경우에는 7차종 모두 만점을 받으며 변별력이 없는 것을 알 수 있었다.

본 논문에서 제시된 HIC15(250~700) 평가기준을 적용하는 경우에는 HIC15값이 250을 초과한 3차종은 만점을 받지 못하는 것을 알 수 있었다. 따라서, HIC15(250~700) 평가기준을 적용한다면 KNCAP 고정벽 정면 충돌 안전성 평가에서 머리상해기준값의 변별력을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

### 후 기

2012년 본 학회 추계학술대회에서 발표된 내용을 수정·보완하였습니다.

### 참고문헌

- (1) Mertz, H. J., Prasad, P. and Nusholtz, G., 1996, "Head Injury Risk Assessment for Forehead Impacts," SAE Paper No. 960099.
- (2) Prasad, P., 1999, "Biomechanical Basis for Injury Criteria Used in Crashworthiness Regulations," IRCOBI Conference, Sitges Spain.
- (3) Nauham and Melvin, 2002, 2nd Edition, Accidental Injury, Springer, pp. 89-102.
- (4) Eppinger, R. Sun, E., Kuppa, S. and Saul, R. 2000, "Supplement: Development of Improved Injury Criteria for the Assessment of Advanced Automotive Restraint Systems - II," NHTSA-2000-7013-3.
- (5) NHTSA, 2008, "Consumer Information: New Car Assessment Program; Notice," Docket No. NHTSA-2006-26555.
- (6) EuroNCAP, 2009, Assessment Protocol and Biomechanical Limits.
- (7) 국토해양부, 2012, "자동차안전도평가시험 등에 관한 규정", 국토해양부 고시 제2012-351호.
- (8) 국토해양부, 신차안전도평가, <http://www.car.go.kr/>.
- (9) NHTSA, "NHTSA Vehicle Crash Test Database," <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/database/>.
- (10) NHTSA, <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/software/sisame/>.