현안분석 2008-

입법평가 보고서 08-04

미국 연방자동차안전기준 202 승객용 차량을 위한 머리지지대 제정에 대한 입법평가 사례분석

Legislation Impact Assessment of Making Federal Motor Vehicle Safety Standard No. 202 Head Restraints For Passenger Vehicles

연구자 : 박수헌(숙명여자대학교 법과대학 교수)
Park, Soo-Hun

2008. 8. 31.

한국법제연구원
KOREA LEGISLATION RESEARCH INSTITUTE

국 문 요 약

이 연구는 미국 고속도로교통안전청(National Highway Traffic Safety Administraion, NHTSA)의 입법영향평가(기술적・경제적 분석)를 검토・고찰하여, 향후 우리 정부와 행정기관의 효율적 입법 및 입법영향평가 역량을 구축하고 제고시키기 위한 모델을 정립하는데 참고 자료로 사용될 수 있도록 하는데 그 목적이 있다. 이러한 연구목적을 달성하기 위하여 본 연구에서는 연방자동차안전기준 202 승객용 차량을 위한 머리지지대(FMVSS NO. 202 Head Restraint For Passenger Vehicles, 이하 '2004 최종규칙'이라 함) 제정의 타당성 여부에 대한 NHTSA의 최종규제영향분석서(Final Regulatory Impact Analysis)를 검토・분석하였다. 다만, 2004 최종규칙이 시행되기 전에 백셋 거리에 대한 자동차 관련업계의 청원이 있어 NHTSA는 최종규제보충평가서(Supplemental Final Regulatory Evaluation)를 작성하여 2007 최종규칙(FMVSS No. 202a Head Restraints)을 제정하였다. 이 2007 최종규칙에 대해서는 본 보고서 부록에서 2004 최종규칙과의 차이점을 언급하기로 한다. 이하에서는 2004 최종규칙에 관한 NHTSA의 최종규제영향분석서를 고찰하기로 한다.

이 최종규제영향분석서는 승용차(passenger cars), 픽업트럭(pickups), 밴(vans), 다용도차량(utility vehicles)에 설치된 앞좌석 머리지지대의 경우 H-point로부터 머리지지대 꼭대기의 높이가 최소한 800mm(31.5 inches) 되도록 요구하는 2004 최종규칙을 제정하는데 기초가 된다. 이 2004 최종규칙은 또한 머리지지대 높이의 하한규정을 두어 앞좌석 머리지지대는 H-Point로부터 최소한 750mm 이하로 조절되어서는 안된다고 하였다. 이 2004 최종규칙에서는 뒷좌석 머리지지대에 관한 규정은 두지 않았지만, 일단 뒷좌석에도 머리지지대가 설치된 차량에

한해서는 최소한 750mm 이상이 되어야 한다고 규정하였다. 그리고 앞좌석 머리지지대 규정을 강화하여, 앞좌석 머리지지대의 백셋은 머리지지대의 위치조정과 무관하게 항상 55mm 이하로 설치해야 한다고 규정하였다.

또한, NHTSA의 최종규제영향분석서는 2004 최종규칙이 승객용 차량의 탑승자들의 안전 및 건강(목부상)에 미치는 편익(안전 및 건강편익)과 그에 소요되는 비용에 대한 규제영향평가를 통하여 동 규칙제정의 타당성 여부를 결정하였다. NHTSA 분석서에 따르면, 2004 최종규칙의 머리지지대 높이와 백셋 규정으로 인한 예측 편익은 앞좌석 탑승자의 목부상 15,272건 감소, 뒷좌석 탑승자의 목부상 1,559건 감소, 합하여 목부상 16,831건의 감소이다. 2004 최종규칙을 준수하기 위하여 머리지지대 개선에 드는 총비용은 앞좌석 머리지지대 6천 6백 7십만 달러, 뒷좌석 머리지지대 1천 2백 8십만 달러, 잠금장치 4백 7십만 달러, 총합계 8천 4백 2십만 달러이다. 구체적으로 앞좌석에 관련된 비용은 7천 1십만 달러(6천 6백 7십만 달러 + 3백 4십만 달러), 뒷좌석에 관련된 비용은 1천 4백 1십만 달러이다. 또한 차량 한 대당 예상되는 평균비용은 앞좌석 $4.51, 뒷좌석 $1.13, 차량 당 평균 비용 $5.42이다.

역사적으로, NHTSA는 비용과 편익이 본질상 금전적일 때 장래의 비용과 편익을 할인하여 오고 있다. 예컨대, NHTSA는 안전성 대책에 의해 야기된 증가된 중량으로 인한 연료소비에 있어서 장래 증가치, 또는 후면 중앙 상단 정지등(center high-mounted stop lamps)과 같은 추돌 회피기준이 추돌건수를 감소시켰을 때 추돌로 인한 재산상 손해배상 비용에 있어서 장래 감소치를 할인하여 오고 있다. NHTSA는 사망과 부상에 대하여 달러가치를 부여하고 있지는 않는다. 그래서, 그러한 편익은 할인되어지지 않고 있다. 즉, NHTSA는 달러로 계량화할 수 없는 편익에 대해서는 할인하지 않는다. 그 대신, NHTSA는 equi-

valent life saved 당 비용에 관한 예측에서 결과하는 비용-효과분석(cost-effectiveness analysis)을 수행한다. 그 결과, 7% 할인율을 적용할 때, 1 equivalent life saved 당 비용은 앞좌석 2백 3십 9만 달러, 뒷좌석 4백 7십 1만 달러, 총합계 2백 6십 1만 달러이다. 본 보고서의 주요 내용들을 요약하면 다음과 같다.

Ⅰ. 에서는 NHTSA가 2004 최종규칙을 제정할 때 규제영향평가(기술적·경제적 분석)를 어떻게 실행하였는가를 기술한 NHTSA 최종규제영향분석서를 검토·고찰하여, 향후 우리 정부와 행정기관의 효율적 입법 및 입법평가를 위한 모델을 정립하는데 참고 자료로 사용될 수 있도록 하는 것을 이 연구의 목적으로 함을 밝힌다.

Ⅱ. 에서는 자동차 후면추돌사고로 인한 차량 탑승자들의 목부상(whiplash injury)을 예방하기 위하여 머리지지대(head restraint) 설치의 필요성, 일정한 높이의 머리지지대 설치의 필요성, 그리고 백셋(backset) 감소의 필요성을 기술한다. 이러한 필요성에 따라, 현재 적용되고 있는 연방자동차안전기준 202 승객용 차량을 위한 머리지지대(Federal Motor Vehicle Safety Standard, FMVSS NO. 202 Head Restraint For Passenger Vehicles)의 머리지지대 높이와 백셋거리를 언급하고, 이 기준을 대폭 강화한 2004 최종규칙에 대해 간단히 소개한다. 나아가, 2004 최종규칙과 「유럽에서의 규제를 위한 경제위원회」의 NO. 17(Economic Commission for Europe Regulation NO. 17, ECE 17)인 “좌석, 고정장치 그리고 머리지지대에 관한 승인과 관련한 통일규정”(Uniform Provisions Concerning The Approval Of Vehicles With Regard To The Seats, Their Anchorages And Head Restraints)과의 조화 노력과 이동(異同)에 관한 간단한 언급을 한다.

Ⅲ. 에서는 2004 최종규칙 제정의 배경을 고찰한다. 이를 위하여, 첫째, 승용차의 경우 앞좌석 머리지지대를 1969년 1월부터, 경트럭의 경

우 1991년 8월 31일부터 장치하도록 규정하고 있는 현재 FMVSS No. 202의 머리지지대 규정을 간단히 언급한다. 특히, 머리지지대 높이는 머리지지대 꼭대기가 상체기준선과 평행하게 측정된 좌석기준점으로부터 최소 700 mm(27.5 inches) 이상이어야 한다. 둘째, 현재 FMVSS No. 202의 머리지지대 규정에 따라 승용차에 장치된 머리지지대가 얼마만큼 목부상 감소효과를 가지는가에 대한 1982년의 NHTSA 평가결과(고정식 머리지지대(28.3%)가 조정식 머리지지대(16.7%)보다 높다)를 간략히 살펴본다. 셋째, 2004 최종규칙안에 대한 48건의 코멘트의 내용을 간략히 고찰한다.

Ⅳ. 에서는 2004 최종규칙의 내용을 고찰한다. 동 규칙은 머리지지대 높이를 H-point로부터 750 mm(29.5 inches)부터 800 mm(31.3 inches)까지 사이에서 조절 가능하도록 규정하고 있으며(다만, 고정식 머리지지대인 경우에는 800mm(31.3 inches) 이상), 백셋은 55 mm(2.2 inches) 미만이 되어야 한다고 규정한다. 또한, 동 규칙은 뒷좌석에는 적용되지 않지만, 자동차제조업자들이 뒷좌석에도 머리지지대를 설치하면 앞좌석 머리지지대의 요건이 그대로 적용되도록 규정한다. 1. 뒷좌석 머리지지대에 관한 개념정의에서는 2004 최종규칙은 뒷좌석 머리지지대에 관한 객관적 개념정의와 뒷좌석 머리지지대의 존재 여부를 결정하기 위한 테스트 절차를 규정하고 있다. 이러한 객관적 방법론을 개발하기 위하여 NHTSA는 여러 가지 대안들을 고려하였는바, 뒷좌석 등받이 구조물의 어떠한 부분이라도 조정위치에 있을 때 J826 마네킨으로 측정하여 700 mm 또는 그 이상이면 그 차량은 뒷좌석 머리지지대를 가지는 것(실제로 머리지지대는 설치하지 않음)으로 고려될 것이라고 NHTSA는 결정하였다. 또한, 2004 최종규칙과 ECE 규정과의 이동(異同)을 기술한다. 2. 머리지지대 높이요건에서는 2004 최종규칙은 현재 FMVSS No. 202의 머리지지대 높이보다 높이요건을 더욱 강화하여 머리지지대가 머리와 목의 후방움직임을 제한할 정도로 충분히 높게

될 것을 요구함으로써 탑승자의 목부상 감소에 기여할 수 있다고 한다. 그밖에 각종 단체 및 자동차제조업체들의 머리지지대 높이요건에 관한 의견을 간략히 기술한다. 3. 백셋요건에서는 2004 최종규칙안에서 NHTSA는 백셋이 50mm 이하여야 하고, 0에 가까울수록 목부상 위험을 예방할 수 있다고 한다. 결국, NHTSA는 백셋 거리를 50mm로 제한하고 머리지지대의 높이를 800mm로(조정했을 때의 높이 하한을 750mm로) 할 수 있는 머리지지대가 최상일 것이라고 믿는다. 이러한 NHTSA의 생각에 동조하는 입장(ICBC, Transport Canada 등)과 반대하는 입장(AAM, UMTRI, GM, Ford, AIAM 등)의 내용을 고찰한다. 특히, UMTRI는 현재 좌석 디자인상 백셋의 거리를 91mm로 했을 때 99%가 선호하는 머리 위치를 수용할 것으로 추정하고 있다. 4. 조정식 머리지지대의 잠금메카니즘을 통한 조정유지요건에서는 조정식 머리지지대에 있어서 조정되어 고정된 이후 그 위치를 계속 유지하는 것이 목부상 방지에 큰 효과가 있다는 인식 하에, 2004 최종규칙은 조정식 머리지지대 높이가 추돌시에도 800mm(31.3 inches) 이하로는 되지 않도록 그리고 백셋이 55mm 이하로 되도록 규정하고 있다. 5. 공용화 또는 조화에서는 1949년부터 자동차 규제의 세계적 공용화 또는 조화가 UN에 의해 시작되었음을 기술한다. 자동차 규제의 공용화는 무역장벽제거, 생산비용절감, 신제품 개발 및 생산장애의 제거, 전세계 소비자들의 수요변화에 적절히 대응하기 위해 필요하다. 그 결과, ECE 17과 25가 2004 최종규칙을 개선하는데 참고가 됨을 기술한다. 그밖에, 머리지지대의 높이, 폭, 간격, 에너지흡수 등을 2004 최종규칙과 공용화 또는 조화할 것을 기술한다. 6. 가시도 측면에서는 머리지지대로 인하여 차량 후방의 가시도를 감소시킨다는 불만에 대하여 운전석의 머리지지대와 뒷좌석 머리지지대로 구분하여 고찰한다. 7. 유예기간에서는 머리지지대 관련 기준을 개정 강화하여 업그레이드된 2004 최종규칙이 2008년 9월 1일(2004 최종규칙이 공표된 후 최초의 9월 1일이 지

난 이후의 3년)부터 효력을 가질 것이므로, 그 동안 현재 FMVSS No. 202 규정을 따르고 있는 것은 허용하기로 하였음을 밝힌다.

Ⅴ. 에서는 여태까지 행해진 2004 최종규칙 제정을 위한 후면추돌시 발생하는 목부상과 관련된 연구조사에 관해 고찰한다. 1993년의 연구조사는 백셋 거리와 목부상의 상관관계를 조사하여 백셋 거리가 커질수록 목부상에 미치는 영향이 매우 크다고 하였다. 1987-1988 볼보차량을 대상으로 한 연구조사는 백셋과 목부상 증상의 정도와 기간 간에 상호관련성이 있다고 하였다. 1998년의 연구조사는 목부상지수(NIC)가 부상의 정도를 정확하게 반영하는지 여부를 조사하였다. 구체적으로 이 장에서는 2004 최종규칙에서 요구하는 앞좌석 머리지지대 높이, 뒷좌석 머리지지대 높이, 그리고 백셋 거리 등에 관하여 차량 모델별로 고찰한다. 1. 차량별 머리지지대 높이에서는 14 차종에 관한 연구조사 결과, 2004 최종규칙의 머리지지대 높이요건과 백셋요건과의 괴리를 나타낸다. 2. 앞좌석 머리지지대 설치 현황에서는 승용차와 경트럭 간에 고정식 머리지지대와 조정식 머리지지대의 설치비율이 상이함을 나타낸다. 즉, 승용차의 경우 조정식 머리지지대가 93%(1998년식 모델 샘플링), 경트럭의 경우 고정식 머리지지대가 80%(1998년식 모델 샘플링)였다. 3. 능동형 머리지지대에서는 대차실험(sled test)을 통하여 후면추돌시 속도에 따른 능동형 머리지지대의 위치와 머리와 척추의 회전각의 크기 등을 고찰하여 2004 최종규칙의 머리와 척추의 회전각 범위요건을 충족하는지 여부를 검토하였다.

Ⅵ. 에서는 머리지지대의 설치로 인한 편익(목부상 감소)을 고찰한다. 1. 안전성 문제에서는 후면추돌로 인한 목부상으로 발생하는 연간 비용(27억 달러: 치료비용, 가계 생산성 감소, 임금손실, 보험료, 법적 비용, 사고시 긴급출동비용, 자동차 비용 등)에 대한 머리지지대의 편익(목부상 감소)을 앞좌석 머리지지대와 뒷좌석 머리지지대, 탑승자의

신장에 따른 승용차와 LTVs, 그리고 고정식 머리지지대와 조정식 머리지지대 등으로 구분하여 고찰한다. 2. IIHS 등급평가에서는 차종별로 머리지지대의 높이와 백셋에 의해 결정되는 등급평가결과(우수 good, 보통 acceptable, 미흡 marginal, 불량 poor)를 검토한다. 등급평가결과가 우수인 경우 머리지지대 높이는 800mm(31.5 inches) 이상, 백셋 55mm(2 inches) 이하이며 불량에 비하여 약 24% 정도 목부상을 감소시킬 수 있다. 3. NHTSA의 평가결과에서는 승용차와 경트럭을 구분하고 있다. 승용차의 경우 데이터가 있는 텍사스주의 사고파일을 대상으로 조사하였다. 그 결과, 현행 FMVSS No. 202가 시행되기 전인 1968년식 차량의 88%가 머리지지대를 설치하지 않았고, 현행 FMVSS No. 202가 시행된 1969년식 차량의 88%가 머리지지대를 설치하였다. 이에 따라, 후면추돌로 인한 목부상 감소효과는 고정식 머리지지대는 17%, 조정식 머리지지대는 10%로 측정되었고 평균 13.1%로 측정되었다. 경트럭의 경우 8개 주의 파일을 평가한 결과 머리지지대의 설치로 목부상을 6.08% 감소시켰다. 이 결과는 승용차의 13.1%의 절반 정도에 해당한다. 4. 머리지지대 높이 증가에 대한 예상효과에서는 평가차량들의 평균 앞좌석 머리지지대 높이(767mm(30.2 inches))와 2004 최종규칙(800mm) 간에 33mm(1.3 inches) 차이가 나며 이는 목부상 감소효과 면에서 1.83%에 해당함을 나타낸다. 5. 백셋의 연구에서는 머리지지대 높이는 백셋에 관한 기능이기 때문에 머리지지대 높이 증가의 편익은 추정된 백셋에 달려있다는 것을 보여준다. NHTSA도 백셋의 감소와 머리지지대의 높이증가는 추돌로 인한 목움직임과 척추와 머리의 회전각을 감소시킴으로 목부상 위험을 감소시킨다고 하였다. 또한, 평균적인 남성(겊갱 갃겂갌갃갸겊)의 신체치수를 기준으로 머리지지대의 높이와 백셋을 측정하여, 우수, 보통, 미흡 그리고 불량의 4 등급으로 평가하여 머리지지대와 목부상 위험 간의 상호 관련성을 비교하는 IIHS 연구도 백셋이 목부상 감소와 관련이 있다는 것을 나타내고 있다. 따라서,

NHTSA는 백셋 거리를 줄이면 목부상 비율도 감소할 것이라고 믿고, 나중에 백셋 거리 요건에 기초하여 편익을 계산할 것이다. 6. 백셋효과의 예측에서는 현재 차량의 머리지지대 높이와 백셋의 평균은 767mm와 75mm인데, 2004 최종규칙에 따라 머리지지대 높이를 800mm로 하면 목부상 감소 효과는 1.68%에서 3.5%로 증가하고, 백셋 거리를 75mm에서 55mm로 하면 목부상 감소 효과는 3.5% 증가한다는 것을 나타낸다. 따라서 백셋 거리가 감소했을 때 목부상 위험에 대한 효과는 5.83(3.5/0.6)%가 된다. 뒷좌석의 높이 변화로 인한 목부상 감소효과에 대하여 NHTSA는 4가지 대안을 제시하고 있다. 7. 머리지지대 높이 증가와 백셋 감소로 인한 편익에서는 머리지지대의 높이가 31.5inches이고 백셋이 55mm 이하이면 목부상 건수는 상당히 감소되어 앞좌석의 경우는 × 만큼 감소할 것이라는 것을 나타낸다. 뒷좌석 머리지지대 높이 변화로 인한 목부상 감소효과에 대하여 NHTSA는 4가지 대안을 제시하고 있다.

Ⅶ. 에서는 다양한 차량들에 대한 머리지지대 관련 비용을 검토한다. 머리지지대 1개당 평균비용은 $31.50이고 머리지지대의 인치당 평균비용은 $1.65이다. 2004 최종규칙의 머리지지대 높이를 준수하기 위하여 총비용 6천 6백 7십만 달러 소요된다. 뒷좌석 머리지지대 관련 비용에 대하여 NHTSA는 4가지 대안을 제시하고 있다.

Ⅷ. 에서는 지출된 1 달러당 예방된 부상예측치 간의 비교를 제공하기 위하여 비용과 편익을 결합시켜 비용-효과분석을 행한다. 즉, NHTSA는 사망과 부상에 대하여 달러가치를 부여하고 있지 않기 때문에 equivalent life saved 당 비용에 관한 예측에서 결과하는 비용-효과분석을 수행한다.

Ⅸ. 에서는 법률에서 규정하고 있는 규제영향분석요건을 2004 최종규칙 제정시 NHTSA가 어떻게 충족하고 있는가를 고찰한다. 법률로는

구체적으로 「소기업에 대한 공정한 규제집행법」(Small Business Regulatory Enforcement Fairness Act, SBREFA)에 의해 개정된 규제유연성법(Regulatory Flexibility Act, RFA)상의 소기관들(small entities)에 대한 2004 최종규칙의 잠재적 영향과 「자금지원 없는 강제개혁법」(Unfunded Mandates Reform Act of 1995, UMRA)상의 주, 지방 그리고 부족 정부들과 사적 부문에 관한 2004 최종규칙의 영향 등을 평가한다.

X. 에서는 차량의 중간좌석에 위치하는 머리지지대의 비용과 편익을 고찰한다. 그 결과, NHTSA는 중간좌석 머리지지대 설치에 대한 막대한 비용(7%의 할인율을 적용했을 때 2004 최종규칙의 높이와 백셋 요건에 따라서 앞좌석 중간좌석 머리지지대의 설치로 인해서 발생하는 equivalent life saved에 대한 비용은 3억 3천 9백 5십만 달러이며, 뒷좌석 중간좌석 머리지지대의 설치로 인해서 발생하는 equivalent life saved에 대한 비용은 5천 7십 2만 달러)과 머리지지대 설치에 따른 상대적으로 사소한 안전성 영향으로 인하여 중간좌석 머리지지대 설치를 요구하지 않고 있다.

XI. 에서는 2004 최종규칙 제정의 타당성 여부를 검토하기 위하여 NHTSA가 행한 규제영향평가제도가 우리에게 제공하는 시사점을 간략히 기술한다.

부록에서는 2004 최종규칙에 대한 자동차관련업계의 청원을 반영한 2007 최종규칙의 내용과 2004 최종규칙과의 차이점 등을 기술한다.

키워드 : 머리지지대, 백셋, 비용-효과분석, 규제영향분석, 규제영향평가, 입법평가

Abstract

The purpose of this study is to provide helpful reference materials in establishing models that can enhance competences of our government and the agencies in performing the efficient legislation and legislation impact assessment through examining and analyzing US NHTSA's legislation impact assessment(technical and economic analyses). In order to achieve this purpose, I explored the reasonableness of making FMVSS No. 202 Head Restraints For Passenger Vehicles(hereinafter '2004 final rule') by studying NHTSA's report, Final Regulatory Impact Analysis. 2004 final rule can result in the reduction of whiplash injuries by requiring front seat head restraints in passenger vehicles(passenger cars, pickups, vans, and utility vehicles) to be capable of achieving a height where the top of the head restraint is at least 800 mm (31.5 inches) above the H-point(which represents the normally seated 50th male hip point). 2004 final rule would also add a lower limit on height; head restraints in all front outboard seats may not less than 750 mm (29.5 inches) from the H-point. 2004 final rule would not require rear outboard head restraints, but would specifiy that if head restraints are installed they must be at least 750 mm. It also would require in front seats only that the distance between the back of the head form representing the position of a 50th percentile head, in a normally seated position, and the head restraint (defined as backset) be no farther than 55 mm (2.2 inches) in any adjustment position.

According to NHTSA's report, the reasonableness of making 2004 final rule was decided by regulatory impact assessment through cost-effective analysis of health-benefit(whiplash injuries reduced) and implementing costs.

NHTSA has estimated the benefits and costs of 2004 final rule. The benefits of increasing the height of head restraints and limiting the backset of head restraints are estimated to be 16,831 total whiplash injuries reduced (15,272 in the front seat + 1,559 in the rear seat). Average costs per vehicle are estimated to be $5.42($4.51 in front seats, $1.13 in rear seats). Total cost per year is estimated to be $84.2 million ($70.1 million for the front seat and $14.1 million for the rear seat). The cost per equivalent life saved by cost-effective analysis (7% discount rate) is estimated to be $2.39 million in front seats and $4.71 million in rear seats. Total cost per equivalent life saved is estimated to be $2.61 million.

This report consists of 11 chapters. I mention the purpose and method of this study as an introduction in chapter I. After that, I describe NHTSA's attitude to make 2004 final rule by accepting various research results from various sources including car manufacturers from chapter II to chapter X. On top of that, I assess the legislation impact of 2004 final rule on reducing whiplash injuries by requiring to increase the front seat head restraints and reduce the backset distance. In the end at chapter XI, I evaluated the way of NHTSA to assess the regulatory impact of 2004 final rule and suggested some helpful comments for our government and the agencies to enhance abilities in implementing legislation and legislation impact assessment. In addition, I described the contents of 2007 final rule and compared the differences from 2004 final rule in the appendix.

Key words : Head Restraints, Backset, Cost-Effective Analysis, Regulatory Impact Analysis, Regulatory Impact Assessment, Legislation Impact Assessment

목 차

국문요약 ····· 3

Abstract ····· 13

Ⅰ. 서 론 ····· 25

Ⅱ. 머리지지대 설치의 필요성 등과 관련한 현행 FMVSS No. 202와 2004 최종규칙 ····· 27

Ⅲ. 2004 최종규칙 제정의 배경 ····· 31

1. 현재 기준 ····· 31

2. 규칙안 고지(Notice of Proposed Rule Making, NPRM)에 대한 코멘트 요약 ····· 34

Ⅳ. 2004 최종규칙의 내용 ····· 37

1. 뒷좌석 머리지지대에 관한 개념정의 ····· 38

2. 머리지지대 높이 요건 ····· 42

3. 백셋 요건 ····· 44

4. 조정식 머리지지대의 잠금 메카니즘을 통한 조정유지요건 ····· 48

5. 공용화 또는 조화 ····· 50

(1) 폭 ····· 51

(2) 간 격 ····· 52

6. 가시도(시야) ····· 53
7. 유예기간 ····· 55

Ⅴ. 2004 최종규칙 제정을 위한 후면추돌시 발생하는 목부상과 관련된 연구조사 ····· 57
1. 차종별 머리지지대 높이 ····· 59
2. 머리지지대 설치 현황 ····· 62
3. 능동형 머리지지대(Active Head Restraints, AHR) ····· 63

Ⅵ. 머리지지대 설치로 인한 편익(목부상 감소 건수) ····· 67
1. 안전성 문제 ····· 67
2. IIHS 등급평가 ····· 77
3. NHTSA의 평가 결과 ····· 83
(1) 승용차(Passenger Cars) ····· 83
(2) 경트럭(Light Trucks) ····· 85
4. 머리지지대 높이 증가에 대한 예상 효과 ····· 88
5. 백셋의 연구 ····· 94
6. 백셋효과의 예측 ····· 103
7. 머리지지대 높이 증가와 백셋 감소로 인한 편익 ····· 107
8. 목부상 비용 ····· 114

Ⅶ. 머리지지대 관련 비용 ····· 115

Ⅷ. 비용효과성(비용-효과분석) ····· 125

Ⅸ. 2004 최종규칙과 규제영향분석법률간 관계 ····· 139
1. 규제유연성법(REGULATORY FLEXIBILITY ACT, RFA) ····· 139
2. 자금지원없는강제개혁법(UNFUNDED MANDATES REFORM ACT, UMRA) ····· 142

Ⅹ. 차량의 중간 좌석에 위치하는 머리지지대의 비용과 편익 ····· 145
1. 비 용 ····· 145
2. 편 익 ····· 147
3. Cost Per Equivalent Fatality ····· 149
4. 가시도 ····· 150
5. 결 론 ····· 151

Ⅺ. 맺는말 ····· 153

참 고 문 헌 ····· 157

[부록: 2007 최종규칙] ····· 163

표 및 그림 목차

【표】

표 5-1 차종별 머리지지대높이와 백셋에 미달하는 수치 ····· 60

표 5-2 2004 최종규칙에 미달하는 머리지지대 높이(머리지지대가 가장 높은 곳에 위치할 경우) ····· 61

표 5-3 2004 최종규칙에 미달(초과)하는 머리지지대 높이 (머리지지대가 가장 낮은 곳에 위치할 경우) ····· 61

표 5-4 2004 최종규칙에 초과하는 백셋 거리(머리지지대가 가장 높은 곳에 위치할 경우) ····· 61

표 5-5 능동형 머리지지대를 위한 후면추돌영향력 실험결과 ····· 65

표 6-1(a) 창측 좌석에서의 목부상 건수 ····· 71

표 6-1(b) 1999년식 차량의 목부상 건수 자료로 추정한 전체 목부상 건수 ····· 71

표 6-2 고정식 머리지지대와 조정식 머리지지대에 관한 NASS-CDS 데이터의 분포값(1988-1996) ····· 71

표 6-3 목부상 확률 비교(1988년부터 1996년까지 NASS 데이터를 기준; 앞좌석과 뒷좌석 창측 탑승자) ····· 74

표 6-3(a) 후면추돌시 비전복된 차량에 고정식 머리지지대가 설치된 승용차의 경우(1988 - 1996 NASS Annualized Data in Towaway Crashes) ····· 75

표 6-3(b) 후면추돌시 비전복된 차량에 조정식 머리지지대가 설치된 승용차의 경우(1988 - 1996 NASS Annualized Data in Towaway Crashes) ····· 76

표 6-3(c) 후면추돌시 비전복된 차량에 고정식 머리지지대가 설치된 LTVs의 경우(1988 - 1996 NASS Annualized Data in Towaway Crashes) ····· 76

표 6-3(d) 후면추돌시 비전복된 차량에 조정식 머리지지대가 설치된 LTVs의 경우(1988 - 1996 NASS Annualized Data in Towaway Crashes) ····· 76

표 6-4(a) 머리지지대 평가(1998년식 차량) ····· 78

표 6-4(b) 머리지지대 평가(1998년식 차량) ····· 78

표 6-5 목부상의 확률에 관한 로지스틱 회귀분석-승산비, 불법행위와 부가조항을 가진 주들(States)에 대해서만 적용 ····· 81

표 6-6 FMVSS No. 202 기준과 머리지지대 높이를 변화시킴에 따른 부상감소의 정도 ····· 85

표 6-7 좌석 높이와 머리지지대의 효과 ····· 87

표 6-7(a) 견인된 승용차의 앞, 뒷좌석 탑승객(후면추돌시 전복되지 않은 차량기준) ····· 88

표 6-8(a) Percent of Adult Male(성인남자 퍼센티지) ····· 91

표 6-8(b) Percent of Adult Female(성인여자 퍼센티지) ····· 91

표 6-9 1987-1988 동안 Gothenburg 지역의 차량 후면추돌 데이터(Olsson, et.al., 1990) ····· 95

표 6-10 후면추돌로 Saab 좌석들에서 발생한 부상 결과 ····· 98

표 6-11A IIHS Taurus Data(October Status Report) ····· 99

표 6-11B IIHS의 수치를 NHTSA 기준으로 나타낸 수치(mm) ····· 99

표 6-12 머리와 척추의 회전각도(Yoganandan, 2002) ····· 102

표 6-13 승용차에서의 효과 예측 ····· 106

표 6-14 부상의 분포(Distribution of Injuries) ····· 114

표 7-1 1992년식 차량의 머리지지대의 비용 예측값 ····· 116

표 7-2 머리지지대의 인치당 비용 ····· 117

표 7-3 가장 높은 뒷좌석 머리지지대 높이 ····· 121

표 8-1 Comprehensive Fatality and Injury Relative Values ····· 126

표 8-2 대안 1 : Equivalent Fatalities ····· 127

표 8-2(a) 대안 3 : Equivalent Fatalities ····· 127

표 8-3(a) 경트럭 운행거리와 할인요소(Light Trucks Vehicle Miles Traveled and Discount Factor) ····· 130

표 8-3(b) 승용차 운행거리와 할인요소(Passenger Cars Vehicle Miles Traveled and Discount Factor) ····· 131

표 8-4(a) 대안 1: Equivalent Lives Saved ····· 133

표 8-4(b) Discounted Costs per Equivalent Life Saved(Million) ····· 133

표 8-4(c) 대안 3 : Equivalent Life Saved(Million) ····· 133

표 8-4(d) 대안 3 : Discounted Costs per Equivalent Life Saved(Million) ···· 134

표 8-5(a) 서로 다른 옵션의 비용과 편익에 대한 개요 ····· 134

표 8-5(b) 서로 다른 옵션의 비용, 편익 그리고 Equivalent Life Saved 당 비용(Million)의 개요 ····· 135

표 8-6 Cost per Equivalent Life Saved Estimates Involving the Rear Seats of Passenger Vehicle(2002년 달러, million) ····· 137

표 10-1 차량 뒷좌석 중간에 조정식 머리지지대가 없는 차량 ····· 146

표 10-2 중간좌석에서의 목부상 건수(Tow-Away Crashes in NASS-CDS 1988-1996) ····· 147

표 10-3(a) Equivalent Lives Saved ····· 149

표 10-3(b) Discounted Costs per Equivalent Lives Saved ····· 150

부 록

표 3-1 Design Seatback Angle for 1995-2000(MY) Vehicles ····· 169

표 3-2 백셋에 따른 편익 변화 ····· 172

표 4-9 4가지 옵션별 백셋과 목부상 효과 ····· 173

표 4-10 4가지 옵션별 목부상 편익 ····· 175

표 7-2 옵션 1 : Equivalent Fatalities ····· 176

표 7-2(a) 옵션 2 : Equivalent Fatalities ····· 176

표 7-2(b) 옵션 3 : Equivalent Fatalities ····· 177

표 7-2(c) 옵션 4 : Equivalent Fatalities ····· 177

표 7-4(a) 옵션 1 : Equivalent Life Saved ····· 178

표 7-4(b) 옵션 1 : Discounted Cost per Equivalent Life Saved(in millions) ····· 179

표 7-4(c) 옵션 2 : Equivalent Life Saved ····· 179

표 7-4(d) 옵션 2 : Discounted Cost per Equivalent Life Saved(in millions) ····· 179

표 7-4(e) 옵션 3 : Equivalent Life Saved ····· 180

표 7-4(f) 옵션 3 : Discounted Cost per Equivalent Life Saved(in millions) ····· 180

표 7-4(g) 옵션 4 : Equivalent Life Saved ····· 180

표 7-4(h) 옵션 4 : Discounted Cost per Equivalent Life Saved(in millions) ····· 181

【그 림】

[그림 1] 머리지지대의 IIHS에 의한 등급평가 ····· 80

[그림 2] 머리받침대의 높이와 효과 - Kahane,1982 - ····· 84

[그림 3] 백셋과 효과(Effectiveness)와의 관계 - 머리지지대 높이 700-800mm- ····· 104

Ⅰ. 서 론

이 연구는, 미국의 연방자동차안전기준 202 승객용 차량을 위한 머리지지대(FMVSS No. 202 Head Restraint For Passenger Vehicles, 이하 '2004 최종규칙'이라 함) 제정이 운전자와 승객의 건강과 안전에 미치는 편익과 비용을 비교한 미국 고속도로교통안전청(National Highway Traffic Safety Administraion, NHTSA)의 2004 최종규칙에 대한 최종규제영향분석서(Final Regulatory Impact Analysis)를 검토·분석한 것이다.[1] NHTSA는 승객용 차량에 설치된 머리지지대의 높이와 머리와의 간격을 조정하여 후면추돌사고로 인한 목부상을 예방하고 감소시켜 운전자 및 승객의 안전을 더욱 더 보호하고자 기존 규칙보다 강화된 2004 최종규칙을 제정하였다.

본 보고서는, NHTSA가 이러한 편익과 비용 간의 비교를 통하여 2004 최종규칙 제정의 타당성 여부를 결정한다는 사실, 즉, 2004 최종규칙 제정과 그에 대한 영향평가(입법평가)가 기술적·경제적 분석인 규제영향평가를 통하여 이루어지게 된다는 것을 나타낸다. 또한, 미국의 경우 안전분야는 환경분야와 더불어 규제영향평가가 상세히 행해지고 있는 분야 가운데 하나이다. 그리고, 규제영역별 규제영향분석을 통한 입법평가 사례를 분석할 필요성이 우리 현실에 적합한 입법평가모델을

1) 필요한 경우 연구자가 임의로 각주를 달아 독자들의 이해의 편의를 도모하였음을 밝히고, 본 보고서에 나오는 각종 연구들에 관한 references에 대해서는 위 NHTSA 보고서의 해당 파트에 있는 references 편을 참조하기 바란다. 이하 본 보고서의 내용은 NHTSA 보고서에 관한 것이다. 다만, 2004 최종규칙이 시행되기 전에 백셋 거리에 대한 자동차관련업계의 청원이 있어 NHTSA는 최종규제보충평가서(Supplemental Final Regulatory Evaluation)를 작성하여 2007 최종규칙(FMVSS No. 202a Head Restraints)을 제정하였다. 이 2007 최종규칙에 대해서는 본 보고서 부록과 필요한 경우 본문 각주에서 2004 최종규칙과의 차이점을 언급하기로 한다. 또한, 본 보고서에서는 규제영향분석, 규제영향평가(regulatory impact assessment), 입법평가를 동일한 내용을 의미하는 것으로 이해한다. 이에 대해서는, 박영도, 입법평가의 이론과 실제, 한국법제연구원, 2007. 9, 34면 각주 71) 참조.

개발하기 위하여서도 절실하다고 여겨진다. 따라서 이 연구는, NHTSA가 2004 최종규칙을 제정할 때 규제영향분석(가술적·경제적 분석)을 어떻게 실행하였는가를 기술한 위의 NHTSA 분석서를 고찰하여, 향후 우리 정부와 행정기관이 자동차의 안전과 관련한 효율적 입법 및 입법평가 역량을 구축하고 제고시키기 위한 모델을 정립하는데 참고 자료로 사용될 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.[2)]

2) 역사적으로 NHTSA는 비용과 편익이 본질상 금전적일 때 장래의 비용과 편익을 할인하여 오고 있지만, 사망과 부상에 대하여 달러가치를 부여하고 있지는 않는 것으로 본 보고서의 고찰 대상인 NHTSA 최종규제영향분석서는 밝히고 있다. 따라서, 본 보고서에서는 비용-효과분석(cost-effective analysis)을 머리지지대 및 백셋과 관련한 비용과 그로 인한 목부상 감소 건수 및 equivalent life saved 당 비용과의 비교에 사용하는 규제영향분석도구임을 밝힌다. 또한, 본 보고서에서 사용하고 있는 앞좌석 머리지지대(뒷좌석도 마찬가지임)는 앞좌석 창측(front outboard)에 있는 머리지지대를 의미한다.

Ⅱ. 머리지지대 설치의 필요성 등과 관련한 현행 FMVSS No. 202와 2004 최종규칙

자동차 후면추돌사고(rear impact crashes)로 인한 목부상(whiplash injury)[3]은 경찰에 보고된 것과 보고되지 않은 것을 합하여 연(年) 약 272,088 건에 달한다.[4] 후면추돌로 인한 목부상 가운데 많은 경우는 저속(low speed) 상태에서 발생한다. 후면추돌로 인한 목부상은, 적어도 육안으로 볼 때에는, 추돌시 발생하는 운동에너지로 인하여 상체(torso)와 연결된 머리와 목의 급작스런 움직임으로 인해서 발생한다는 것이 전문가들(생명의료집단, biomedical community)의 일치된 의견(consensus)이다. 이에 따라, 머리와 목의 급작스런 움직임을 최소화하여 목부상을 방지하기 위하여 머리지지대(head restraint) 설치 및 머리지지대 높이 규정도 필요하게 된다. 머리지지대의 최소한의 높이 규정은, 머리지지대가 없으면, 충돌로 인한 목의 급작스런 앞쪽 쏠림 현상과 머리 회전각(rotational angle)의 극대화 현상으로 인하여 경부과도확장(脛部過度擴張, cervical hyperextension-통상적인 움직임의 범위를 넘어서는 움직임)을 초래한다는 추정에 근거하고 있다.

연방자동차안전기준 202(Federal Motor Vehicle Safety Standard, FMVSS NO. 202) “승객용 차량을 위한 머리지지대”(Head Restraint For Passenger Vehicles)는 1969년에 처음 공표되었다.[5] 이에 따르면 머리지지대의 높이가 최소한 700mm면 대부분의 탑승자들에게 추돌로 인한 경부과도확장을 방지하기에 충분하여, 목부상을 완화한다고 여겨졌다. 그러나,

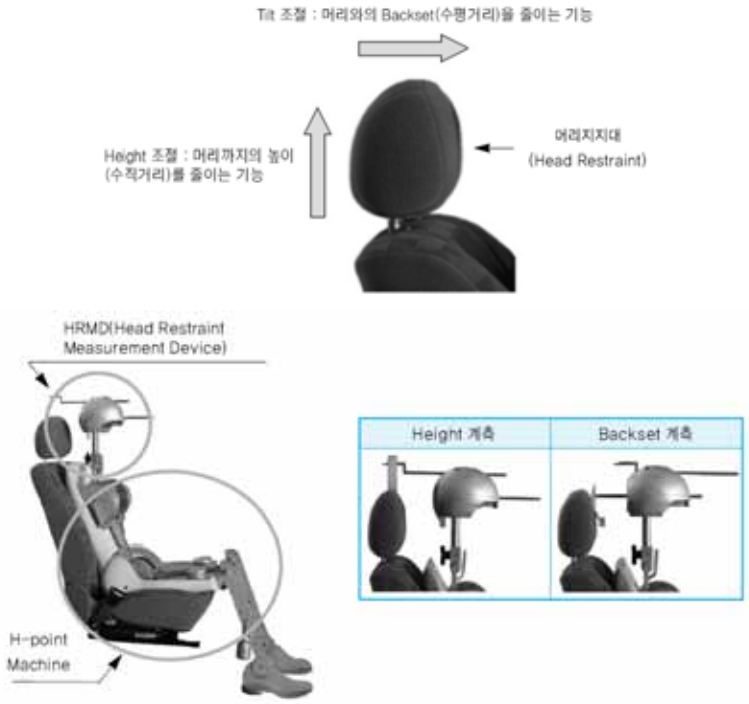
3) 구체적으로 경추염좌 상해를 말한다.

4) 매년 200만 건의 보험청구가 발생하고 최소 85억 달러 이상의 보험금이 지급되는 것으로 나타남. 자동차기술연구소, 북미 차량의 머리지지대 개선 현황 참조. http://www.kart.or.kr/.

5) 승객용 차량(passenger vehicles, PV)은 승용차(passenger cars, PC), 경트럭과 밴(light trucks and vans, LTVs)을 포함한다. LTVs는 pickups, vans 및 10,000 pounds GVWR 이하 sport utility vehicle(SUV)을 포함한다.

경부과도확장을 일으키기에 충분하지 않은 머리와 목의 움직임만으로도 목부상이 발생할 수 있다는 것을 현재 연구는 나타내고 있다. 따라서, 추돌시 머리와 목의 움직임을 최대한 감소시킴으로써 목부상을 예방하기 위하여 현재 기준보다 강화된 높이가 요구된다고 한다. 탑승자의 머리와 머리지지대 간의 간격을 줄이는 것이 상체와 연결된 머리의 움직임을 감소시켜 목부상 위험을 훨씬 더 줄일 수 있다는 것 또한 널리 인정되고 있다. 즉, 기존 FMVSS No. 202에서 규정하고 있는 머리지지대의 높이를 더 높이고 백셋(backset)[6]을 감소시킴으로 목부상을 훨씬 더 줄일 수 있다는 것이다.

6) 아래 그림에서 보듯이 머리의 후면과 머리받침대 사이의 수평거리를 백셋이라 한다. 아래 그림은 머리받침대의 높이와 백셋거리측정에 관한 장비 및 방법에 관한 것이다. 전용범, 국산 차량의 머리지지대 동적성능 평가결과, 기연 리포트, 2007. 2, 32-33면. <그림 2> 머리지지대의 구조 및 역할, <그림3>정적평가 계측장비 및 계측방법.

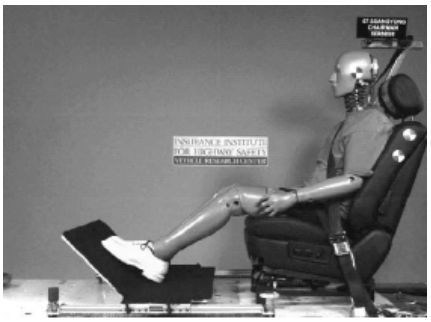


최종 FMVSS No. 202(이하 '2004 최종규칙'이라 함)[7]는 머리지지대를 높이고 백셋을 대폭 줄임으로써 기존 FMVSS No. 202를 업그레이드 하였으며, 운전석과 조수석을 포함한 앞좌석에 유용하다. 머리지지대는 뒷좌석에는 요구되지 않고 있다. 2004 최종규칙은 기존 FMVSS No. 202 전부는 아니지만, 「유럽에서의 규제를 위한 경제위원회」의 No. 17(Economic Commission for Europe Regulation NO. 17, ECE 17)인 "좌석, 고정장치 그리고 머리지지대에 관한 승인과 관련한 통일규정"(Uniform Provisions Concerning The Approval Of Vehicles With Regard To The Seats, Their Anchorages And Head Restraints(Head Rests))과 많은 부분에서 조화를 이루고 있다. 그럼에도 불구하고, 양 규정은 다음과 같은 차이점을 가진다: 첫째, ECE 17은 뒷좌석 머리지지대를 규제하고 있지만, 2004 최종규칙은 그렇지 않다. 둘째, 조정식 머리지지대(adjustable head restraint)의 폭(width)과 간격(gap) 측정에 관한 규정도 양자는 상이하다. 셋째, 2004 최종규칙은 ECE 17과는 달리 앞좌석의 백셋과 머리지지대 조정유지장치(adjustment retention locks)에 관한 요건

7) 2004년 12월 14일 제정되었고, 이 규칙을 재고해 달라는 8건의 청원에 따라 2007년 규칙을 NHTSA는 제정하였다. 다만, 본 보고서는 Office of Regulatory Analysis and Evaluation - National Center for Statistics and Analysis가 2004년 11월에 발간한 2004년 규칙에 대한 최종규제영향분석서(final regulatory impact analysis)를 기본으로 하고 동 기관이 2007년 4월에 발간한 2007년 규칙에 대한 최종규제보충평가서(supplemental final regulatory evaluation)는 본 보고서의 부록과 필요한 경우에 본문 각주에서 2004년 최종규칙과 비교·고찰하기로 한다. 참고로 2007 최종규칙에 대한 개관을 기술하면 다음과 같다: 2007년 규칙은 앞좌석에 대해서는 2009년 9월 1일부터, 뒷좌석에 대해서는 2010년 9월 1일부터 효력을 발생하여 적용된다. 8건의 청원 대부분이 백셋을 55mm 이상으로 하고, 백셋 측정방법(2004년 규칙의 25도보다는 자동자 제조업체의 좌석 등받이 디자인에 맡기도록 하는 것)을 변경할 것을 요구하였다. 즉, 좌석 등받이 각도가 25도로부터 변경된 것과 백셋을 55mm 이상 할 때 발생하는 편익을 2007년 최종규제평가보고서는 강조하고 있다. 따라서, 이 보고서에서는 위 사항과 관련하여 2004년과 2007년 규칙의 차이점을 기술하고자 한다. 또한, NHTSA가 머리지지대에 관한 글로벌기술규정(Global Technical Regulation, GTR)을 개발하려는 노력에 참가하고 있는데, 이것은 2004년 규칙제정 이후의 일이다. 따라서, 본 보고서에서는 이 부분에 관해서도 2007년 보충적 최종규제평가서를 참조하여 기술하고자 한다.

을 추가로 규정하고 있다. 넷째, 2004 최종규칙은 ECE 17에는 없는 앞좌석의 최적 동적 충돌 테스트(optimal dynamic test)[8]를 포함하고 있다.[9]

8) 좌석 및 머리지지대의 등급평가는 정적 평가(static evaluation)와 동적 평가(dynamic evaluation)로 구분되어 있다. 정적평가는 머리받침대의 높이와 백셋에 대한 기하학적 구조의 테스트(geometric test)를 통해서 우수(Good), 보통(Acceptable). 미흡(Marginal), 불량(Poor)으로 평가하는 방법이다. 동적평가는 정적평가 결과에서 우수와 보통 등급을 받은 차종만을 대상으로 실시하는 평가방법이다. 아래 그림과 같이, 시험대상차종의 좌석과 머리지지대에 더미를 앉혀서 대차시험장치(sled test)로 충격시험을 실시하고 이때의 값들을 분석하여 정적평가와 마찬가지로 4등급으로 평가하는 방법이다. 최종등급은 정적 및 동적평가 결과를 종합하여 우수, 보통, 미흡, 불량으로 등급을 부여하고, 정적평가에서 미흡과 불량으로 평가받은 차종은 최종적으로 불량등급을 받게 된다. 전용범, 앞의 주 2), 33면. 동적평가 또는 동적 충돌시험은 우수한 기하학적 구조를 갖춘 머리지지대가 더욱 많이 도입되고 능동형 머리지지대 시스템이 증가함에 따라 목부상 방지효과에 대해 좌석과 머리지지대의 성능을 종합적으로 평가할 수 있는 방법의 필요성에 의한 것이며 대차시험장치를 통하여 수행된다. 대차시험은 차량에 손상을 주지 않기 때문에 실제 충돌시험에 비해 비용과 시간이 훨씬 적게 든다는 장점이 있고 반복적 시험이 가능하다. 따라서, 다양한 시험강도를 대상으로 반복적인 시험이 필요한 경우 대차시험은 매우 중요하다. 예컨대, 경추염좌 방지를 위한 성능평가를 위해서는 특정한 하나의 시험속도나 충돌력만으로는 충분치 않고, 저속에서 중속 정도의 시험조건 범위 내에서 좌석과 머리지지대는 우수한 성능을 가져야만 한다. 이와 같은 상황에서 실제 충돌시험을 실시할 경우 많은 비용과 시간이 소요되지만 대차시험장치를 이용할 경우 이를 최소화 할 수 있다. 이상돈, 경추염좌 방지를 위한 Head Restraint 성능평가. Automobile Insurance 7-12면. http://www.kidi.or.kr.



9) 2004 최종규칙 제정 이후 몇 년간 NHTSA는 머리지지대에 관한 GTR을 개발하려는 노력에 참가하여 오고 있다. WP 29의 2004년 11월 회의와 1998 Global Agreement의 집행위원회 기간 동안, NHTSA는 머리지지대에 관한 규정을 공식적으로 후원하기로 하였고, 이 제안이 1998 Global Agreement의 집행위원회에 의해 채택되었으며, WP 29 2005년 3월 세션에서 Working Party of Experts(GRSP)로 명명되었다. 2005년 2월 GRSP는 GTR을 개발하기 위하여 미국이 주도하는 비공식 실무자그룹(working group)을 형성하였다. 이 working group은 네널란드, 프랑스, 캐나다, 일본,

Ⅲ. 2004 최종규칙 제정의 배경

1. 현재 기준

1969년 1월부터 승용차는 앞좌석 머리지지대를 장치하도록 FMVSS No. 202에 의해 요구되어 오고 있다. FMVSS No. 202는 1991년 8월 31일 이후에 제작된 경트럭(light truck)[10]에도 적용되고 있다. 머리지지대 장치기준은 아래 두 가지 조건들 가운데 어느 하나를 충족시킬 것을 요구하고 있다:

(1) 앞좌석 위에 최소 8g 이상의 더미를 앉힌 후 자동차가 앞으로 전진하면, 머리는 뒤쪽으로 젖혀지게 되는데, 이때의 머리기준선(head reference line)과 상체기준선(torso reference line) 간의 각도는 45도를 넘지 못한다. 또는

(2) 머리지지대는 최고 높이로 조정했을 때 좌석기준점(seating reference point)으로부터 최소 700 mm (27.5 inches) 이상 되어야 하며, 373 Nm (3,300 inch-pound)의 힘을 가했을 때, 100 mm (4 inches) 이상 위치가 벗어나서는 안된다. 머리지지대는 좌석 또는 좌석등받이(seatback)가 고장날 때까지, 또는 890 N (200 pound)의 하중이 가해질 때

독일, 한국, 스페인, 영국, 미국, EC, CLEPA, OICA 대표들과 8번 회의를 가졌다. GTR을 작성하기 위하여, working group은 ECE Regulations Nos. 17, 25와 2004 최종규칙으로부터 필요한 요소들을 검토하였다. 그 결과, 다음과 같은 쟁점들이 설정되었고 현재 논의 중이다: GTR을 3,500 kg에서 4,500 kg의 차량에 적용하는 문제, 백셋은 규제되어야 하지만 최대한의 제한에 관한 문제, 머리지지대의 높이와 백셋을 측정하기 위한 기준점으로 H-point를 사용할 것인가 R-point를 사용할 것인가에 대한 문제, 동적 시스템을 어떻게 평가할 것인가(dynamic test)에 대한 문제. working group은 이 GTR에 대한 4건의 Progress Reports를 제출하고 있으며, Docket No. NHTSA-2-4-14395에서 찾을 수 있다. 이 내용은, NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation-National Center for Statistics and Analysis), FMVSS No. 202a Head Restraints, 3-4, April 2007 참조.

10) 4,000 파운드(1,815 kg) 미만을 탑재하는 소형트럭을 말한다.

까지 증가하는 후면으로부터의 부담을 견뎌야 한다.[11] 머리지지대의 윗 상단에서 아래로 65mm (2.56 inches) 지점 또는 좌석기준점으로부터 위쪽으로 635 mm 지점에서 측정된 머리지지대의 측면폭은 벤치형 좌석(bench seats)의 경우 254mm (10 inches) 이상, 독립형 좌석(individual seats)인 경우에는 171mm (6.75 inches) 이상이어야 한다.

교통부(Department of Transportation, DOT) 소속 전국고속도로교통안전청(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)은 1982년에 승용차의 머리지지대에 관한 평가를 실시하였다.[12] 이 평가에서

11) 힘을 수직으로 가하고, 후면에서 가했을 때의 머리받침대의 높이 유지와 위치 유지에 관한 테스트이다. 심소정 외 4인, FMVSS 202a 기준 및 시험평가 결과에 관한 고찰, 한국자동차공학회 2006년 춘계학술대회 논문집, 1145-1150면.

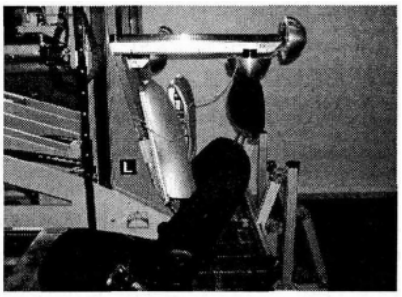


Photo. 1 Height retention test 1

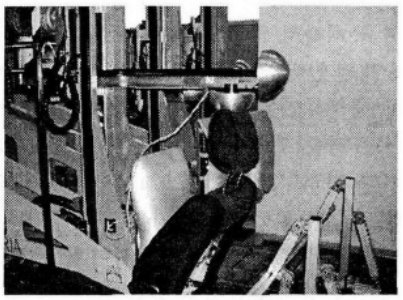


Photo. 2 Height retention test 2

12) Kahane, C., An Evaluation of Head Restraints, Federal Motor Vehicle Safety Standard 202, NHTSA, February 1982, DOT HS-808-108, pg 46. 「고속도로 안전성을 위한 보험기관」(Insurance Institute For Highway Safety, IIHS)은 후면추돌시 발생하는 목부상을 머리지지대의 형상만으로도 일정 부분 예방할 수 있다는 사실을 발견하고, 1995

NHTSA는, 조정식 머리지지대(adjustable head restraints)는 후면추돌로 인한 부상감소효과가 10%인 반면, 고정식 머리지지대(integral head restraints)는 후면추돌로 인한 부상감소효과가 17%라는 것을 발견하였다. 고정식 머리지지대는 750 mm (27.5 inches) 높이 요건을 충족하기에 충분한 좌석등받이로 이루어졌다. 반면에, 조정식 머리지지대는 이동식 금속축을 사용하여 좌석등받이에 부착되는 독립된 머리지지대 패드로 이루어졌다. 이에 따라, 머리지지대는 다양한 위치로 적용될 수 있다. 1982년 평가에서 발견된 효과에 있어서 양자의 차이는 고정식 머리지지대처럼 그렇게 높이 조정식 머리지지대가 위치하지 않는 것에 부분적인 이유가 있을 수 있다고 한다.

1982년 평가가 후면추돌로 인한 모든 부상에 관한 편익을 측정하였지만, 대부분의 경우, 머리지지대는 목부상을 줄이기 위하여 디자인되었다.[13] 1979년의 NASS(National Automotive Sampling System) 데이터 파일에 있던 데이터가 머리지지대의 목부상 감소 효과 통계에 사용되었다. 이는 NHTSA가 승용차의 머리지지대의 효과에 관한 더 최근 통계 자료에 관하여 전혀 알지 못하였기 때문이다. 사고당시 견인된 차량과 견인되지 않은 차량들의 통계자료를 합산하여 볼 때, 목부상은 전체 사고로 인한 부상 중에서 60%를 차지하였다. 그래서, 목부상을 줄이는데 있어서 머리지지대의 효과는, 고정식 머리지지대의 경우 전체

년부터 머리지지대 안전성 확보를 위한 정태적 평가인 형상 또는 기하학적 평가(geometry test)를 실시해 오고 있다. 이 평가의 결과, 1995년에는 우수 등급을 받은 차량이 전체 대상 중 3%였으나, 2003년에는 전체 대상 중 45%를 차지하는 것으로 나타나, 이 평가 제도가 머리지지대 안전성 향상에 상당히 기여하고 있음을 알 수 있다. 참고로 우리나라의 경우, 머리지지대 안전성 확보를 통하여 후면추돌시 발생하는 운전자의 목부상을 감소시키기 위하여 2005년부터 자동차안전도평가(New Car Assessment Program, NCAP)에 머리지지대 안전성 평가항목을 추가하여 시행하여 오고 있다. 심소정 외 4인, 추돌시 목상해 경감을 위한 머리지지대 안전성평가에 관한 고찰, 한국자동차공학회 2005년도 추계학술대회논문집, 1580면.

13) 동 평가서 86 페이지는 목부상만을 위한 머리지지대의 편익을 측정하는데 사용될 수 있는 데이터를 제공하고 있다. NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation), FMVSS No. 202 Head Restraints For Passenger Vehicles 4, November, 2004.

60%를 기준으로 17%의 감소효과를 발생시킨 것이므로 28.3% (17/0.6)의 목부상 감소효과를 가져왔고, 조정식 머리지지대의 경우 전체 60%를 기준으로 10%의 감소효과를 발생시킨 것이므로 16.7% (10/0.6)의 목부상 감소를 가져왔다고 할 수 있다. 이 분석은, 머리지지대는 단지 목부상을 줄이는 데에만 유효하다는 것을 가정하였다.

2. 규칙안 고지(Notice of Proposed Rule Making, NPRM)에 대한 코멘트 요약

2004 최종규칙안의 고지에 대하여 48건의 코멘트가 제출되었다.[14] 거의 모든 코멘트 제출자들은 FMVSS No. 202에 찬성하였고, 이들은 FMVSS No. 202에 관한 어떠한 유형의 개정(upgrade)이라도 필요하다고 의사표시 하였다. 자동차제조업자들은 ECE와 조화를 이루는 범위 내에서 FMVSS No. 202가 개정되기를 선호한다는 의견을 제출하였다. 이것은 제안된 높이 요건, 에너지 흡수, 간격의 한계(gap limits), 그리고 선택 장치로서 뒷좌석 머리지지대 등을 포함할 것이다.

2004 최종규칙안이 기본적으로 건전하고 탑승자의 안전성을 향상시킬 것이라고 「고속도로와 자동차 안전성 옹호단체」(Advocates for Highway and Auto Safety, AHAS)[15]는 믿었지만, 몇 가지 분야에서 NHTSA로 하여금 훨씬 더 엄격한 요건들을 고려할 것을 요청하였다. 특히, AHAS는 조정식 머리지지대의 경우 고정식 머리지지대보다 낮은 최소 높이를 가지도록 허용할 것을 주장하였다. 캐나다 교통부는 FMVSS No. 202에서 제안된 변경을 지지하였고 그것이 부상과 사회적 비용의 감

14) 코멘트를 제출한 사람 및 기관은 다음과 같다: 소비자(1), 자동차제조업체와 관련 단체들(9), 좌석공급자(2), 장비공급자(2), 보험회사와 관련 단체들(4), 표준기관(1), 연구기관(1), 인체공학 연구원(2), 의사(2), 정형외과의사(1), 척추교정전문가(6), 상원의원(1), 하원의원(1), 주의원(2), 고속도로와 자동차 안전성 옹호단체(1), 대학생 그룹(1).

15) 소비자, 건강 및 안전에 관련된 그룹 그리고 보험회사들과의 연합단체로서 고속도로와 자동차사고에 관련된 제반 안전문제를 다루고 있는 단체이다. http://www.saferoads.org.

소를 결과할 것이라고 기대하였다.

보험회사들 또한 2004 최종규칙안의 대부분의 측면에 관하여 적극 지지하였다. 그러나, IIHS는, 비록 자신들이 동적 테스트 절차를 개념적으로는 지지하고 과거에 동적 테스트 옵션을 FMVSS No. 202에서 유지하는 것을 지지하였다고 하더라도, 동적 테스트 옵션을 이번 개정안에 체화하는 것은 적절한 시기가 아니라고 의견을 표시하였다.

Ⅳ. 2004 최종규칙의 내용

2004 최종규칙은, 앞좌석의 머리지지대는 조정가능한 가장 낮은 위치로 조정하였을 때, 개정안 이전의 최고 높이 700mm 또는 27.5 inches 보다 높은 최소 750 mm 또는 29.5 inches가 되어야 한다고 요구하고 있다. 2004 최종규칙은 또한 최소 800mm또는 31.3 inches가 되도록 최대한 높이 조정을 통하여 높이를 달성할 수 있도록 요구하고 있으며, 그 위치에서 탑승자가 스스로 잠금장치를 가동할 수 있도록 요구하고 있다. 머리지지대는 750 mm와 800 mm 사이에서 어떠한 높이 조정 위치에서라도 백셋은 55 mm 또는 2.2 inches 미만으로 제한하는 새로운 요건을 적용받는다.[16)]

이러한 2004 최종규칙은 뒷좌석에는 적용되지 않는다. 그러나, 자동차제조업자들이 뒷좌석에도 머리지지대를 설치할 것을 선택하면, 이 머리지지대는 높이 750 mm를 충족시켜야 하고 앞좌석 머리지지대와 똑같은 내구력(strength), 위치유지(retention), 그리고 에너지 흡수요건을 충족시켜야 한다.

16) 2004 최종규칙에 대한 몇 몇 청원은 NHTSA로 하여금 55 mm 백셋요건을 재고하여 65, 70, 80, 90 mm로 증가할 것을 요청하였다. 자동차제조업체들연합(Alliance Automobile Manufacturer, AAM)은 55 mm 요건으로부터는 잠재적 안전성 비편익(potential safety disbenefits)이 존재한다고 믿고 있다고 진술하였다. 상체각도 25도에서 측정된 55 mm 백셋요건은 너무 공격적이어서 소비자들의 심각한 불만족을 초래할 것이라고 AAM은 주장하였다. 따라서, AAM은 백셋이 80 mm가 되어야 한다고 진술하였다. DaimlerChrysler도 앞좌석 백셋요건이 55 mm라는 것은 과도한 제한이고 완화되어야 한다고 진술하였다. 신장이 작은 운전자들이, 특히 이 요건에 매우 부정적이었고 몇 몇은 아예 머리받침대를 제거하기도 하였다고 DaimlerChrysler는 진술하였다. Johnson Controls는 90 mm가 안전성과 편안함을 최대한 달성할 수 있을 것이라고 진술하였다. NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation-National Center for Statistics and Analysis), FMVSS No. 202a Head Restraints 6, April 2007.

1. 뒷좌석 머리지지대에 관한 개념정의

2004 최종규칙은 뒷좌석 머리지지대에 관한 객관적 개념정의와 뒷좌석 머리지지대의 존재를 결정하기 위한 테스트 절차를 규정하고 있다. 이러한 객관적 방법론을 개발하는데 있어서, NHTSA는 여러 가지 대안들을 고려하였다. 뒷좌석 등받이 구조물의 어떠한 부분이라도 조정위치에 있을 때 J826 마네킨[17]으로 측정하여 700 mm 또는 그 이상이면 그 차량은 뒷좌석 머리지지대를 가지는 것(실제로 앞에서 설명한 머리지지대는 설치하지 않음)으로 고려될 것이라고 NHTSA는 결정하였다.

위의 방법은 다음과 같은 이유로 선택되었다. 이 규제의 비용효과성(cost effectiveness)을 결정하기 위하여 사용된 차량들에 관한 조사에 기초하여, 위의 700 mm 요건이 좌석 뒷받침의 꼭대기(top)에 조정가능한 쿠션 - 즉, 일반 대중이 아마도 머리지지대일 것이라고 생각하는 것 - 을 가진 좌석들 가운데 모든 좌석들을 포함할 것이라고 NHTSA

17) SAE J826 H-point Manikin을 말한다. 이것은 1960년대 초반에 개발되어 차량 내부 디자인을 위한 유효한 도구가 되어 오고 있기는 하지만, 사용하기 불편하다는 점과 허리지지를 하는데 있어서 열악한 반복성을 가진다는 단점이 있다. 이러한 단점은 1995년부터 시작된 개선작업으로 1999년에 새로운 H-point manekin이 개발되었다. 이에 대한 자세한 내용은, Matthew P. Reed, et.al, Modeling Vehicle Occupant Head and Head Restraint Positions 31-32 (UMTRI-2001-8, April 2001).

는 파악하였다.[18] 그래서, 이 방법은 사실상 우리로 하여금 현재 시판 중인 대부분의 뒷좌석 조정식 머리지지대와 약간의 뒷좌석 고정식 머리지지대를 규제하도록 허용할 것이다. 나아가, 뒷좌석 머리지지대에 관한 이러한 개념정의는 자동차제조업체들로 하여금 뒷좌석 머리지지대 요건을 준수하지 않고서도 비교적 높은 좌석 등받이(700 mm 까지)를 설치하도록 허용하게 될 것이다. 그러한 더 높은 좌석 등받이가 뒷좌석 탑승자들에게 어떤 부분이라도 다소의 안전성 편익을 제공할 수 있을 것으로 우리는 기대한다. 현재의(개정전의) 머리지지대 기준들은 앞좌석 머리지지대에 대해서 조차도 약 700 mm 높이를 요구하지도 않고 있다고 우리는 지적한다.

그러나, 뒷좌석 등받이 구조물이 700 mm 또는 그 이상일 경우 뒷좌석 머리지지대가 설치된 것으로 간주되기 때문에, 이럴 경우 운전자의 후방가시도(rearward visibility)가 문제된다. 따라서, 자동차제조업체들이 제공하기를 원하는 후방가시도의 양과 700 mm 또는 그 이상의 뒷좌석 등받이 구조물이 일치하는지 여부를 자동차제조업체들 스스로 결정할 수 있을 것이라고 우리는 지적한다.

2004 최종규칙은 미연방 머리지지대 요건과 유엔/유럽경제위원회(United Nations/Economics Commission for Europe, UN/ECE)의 머리지지대 규정을, 탑승자들에게 증가된 안전성이 제공될 필요가 있는 범위를 제외하고서는, 조화시키고 있다. 몇 가지 사례에서, 비용효율적 방법으로 증가된 안전성을 달성하는 것이 우리로 하여금 ECE 규정에 있는 접근법을 넘어서거나 상이한 접근법을 취하는 것이 필요하다고 만들었다. 예를 들어, 2004 최종규칙은 머리지지대와 탑승자의 머리 간의 백셋량(amount)을 제한하고 있지만, ECE 17은 그렇지 않다. 2004

18) 이 조사는 12대의 1999년식 차량(9대의 승용차, 1대의 미니밴, 2대의 SUV)을 포함하였다. 12대 가운데 5대는 뒷좌석 머리받침대에 관한 우리의 개념정의에 부합하는 뒷좌석 시스템의 특징을 가졌다. NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation), FMVSS No. 202 Head Restraints For Passenger Vehicles 7 n.2 (November, 2004).

최종규칙은 ECE 요건의 내용과 조화를 이루는 곳 대부분 상황에서, 실제 규제적 용어는 그럼에도 불구하고 강제집행을 촉진하기 위하여 상이하게 초안되고 있다고 우리는 지적한다. 구체적으로, 우리 법률상 조항들에 근거한 해석과 강제집행을 촉진하기 위하여 상이한 준수절차를 구체화하는 것이 필요하다고 우리는 파악하여 오고 있다. 예를 들어, 머리지지대 내에서의 간격이 측정되어지는 방법에서 차이점이 존재한다.

이하에서는, 2004 최종규칙이 ECE 규정과 일치하거나 혹은 일치하지 않는 부분에 대해서 간략하게 언급하고자 한다. 첫째, 고정구조물로 인하여 머리지지대의 높이가 규정된 높이보다 낮게 설치되어야 할 경우, 2004 최종규칙과 ECE 규정 모두 25 mm 높이의 공제(allowance, 허용 오차)를 허용하는데, 전자는 후방 창문 영역(area) 또는 지붕라인(roof-line)을 고정구조물로 간주하고 후자는 차량 지붕(roof)을 고정구조물로 간주한다.

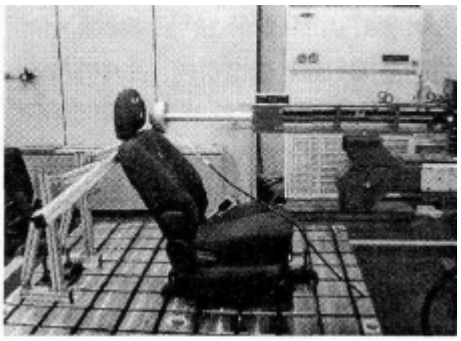
둘째, 머리지지대의 비사용 위치(non-use position)와 관련하여, ECE 17은, 비사용 위치가 “탑승자에게 명백히 인식될 수 있거나(clearly recognizable to the occupant)” 머리지지대가 자동적으로 사용을 위한 위치로 돌아가는 한, 머리지지대로 하여금 높이 요건이 충족될 필요가 없는 비사용 위치를 가질 것을 허용한다. 이에 반하여, 2004 최종규칙은 “명백히 인식될 수 있는” 조항을 규정하고 있지는 않지만, 오히려 비사용 위치와 구별되는 실행요건(performance requirements)을 구체화하고 있다.

셋째, 조정식 머리지지대와 관련하여, ECE 17은 조정식 머리지지대가 가장 낮은 위치에 고정되어 있을 때 머리지지대와 좌석 등받이와의 거리가 25 mm 이상 떨어지면 안된다는 것을 요구하고 있지만, 이를 측정하는 방법에 관해서는 전혀 언급하고 있지 않다. 반면에, 2004 최종규칙은 모든 다른 간격 허용오차에 일치하게 그 간격을 60 mm까지 허용하며, 구체적 측정방법을 규정하고 있다. 마지막으로, 외부 충

격시 머리지지대 안전성 테스트 방법으로 ECE 17은 추를 이용해서 충격을 가하는 pendulum impactor를 사용하도록 규정하고 있는데 반하여, 2004 최종규칙은 머리지지대에 힘을 가하여 그 안전도를 측정하는 에너지 흡수테스트(energy absorption test)를 할 때는 linear test[19] 방법을 사용하도록 규정하고 있다.

2004 최종규칙은 기존 FMVSS No. 202를 준수하도록 보장하기 위하여 사용된 테스트 절차들 가운데 많은 것들을 변경하고 있다. 그러나, 자동차제조업체들은 다음과 같은 두 가지 방법 가운데 하나를 준수하고 있다는 것을 확인하기만 하면 된다: 첫 번째 옵션은, 일련의 공간적 요건, 내구력 요건 그리고 에너지 흡수 요건이다. 두 번째 옵션은, 관련 실행 기준과 고정된 폭(width) 요건을 지닌 동적 테스트로 구성된다. 두 번째 옵션과 관련하여, 자동차 제조업체들은 남성 평균 신체조건을 지닌 Hybrid Ⅲ 더미[20]로 동적 안전 테스트를 반드시 수행하여야 한다. 머리지지대는 최고 높이에 위치하고 백셋은 가장 가까이에 있는 상태에서 안전성 테스트를 해야 한다. 동적 테스트에서 머리와 상체

19) 외부의 충격시 에너지 흡수에 관한 안전테스트 방법으로 머리, 몸체와 같은 여러 부분에 외부에너지 충격이 가해졌을 때 그 충격으로 인한 영향을 평가하는 방법으로 미국, 한국 등에서 사용하고 있다. 아래는 linear impactor를 사용하여 에너지흡수 테스트를 하고 있는 그림이다. http://ko.delphi.com/enko/manufacturers/auto/other/testing/safetytesting/.



20) 아래 그림은 남성 평균 신체조건을 갖춘 더미가족(The Original 50th Percentile Male Hybrid III's Family)이다.

의 회전각(head-to-torso)은 12도를 넘어서는 안된다. 또한 동적 테스트시 머리상해기준(Head Injury Criterion, HIC)[21]이 500이 넘지 않도록 하고 있다.

2. 머리지지대 높이 요건

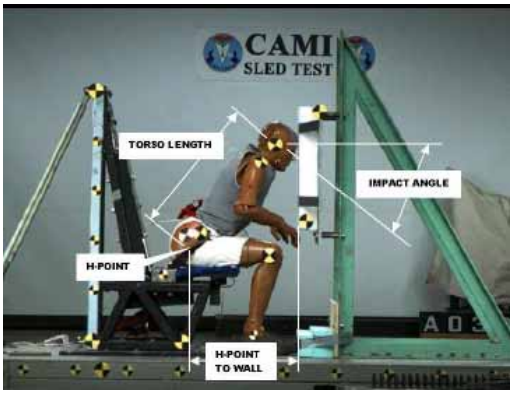
FMVSS No. 202는 머리지지대 꼭대기가 상체기준선과 평행하게 측정된 좌석기준점으로부터 최소 700 mm(27.5 inches) 이상의 높이에 모든 앞좌석 머리지지대가 달할 수 있을 것을 요구하고 있다. 그런데, 2004 최종규칙은 앞좌석 머리지지대는 H-point[22]로부터 최소한 800mm

---

21) 차량이 충돌하는 동안 탑승자의 머리 무게중심이 받는 감속도의 합산량 HIC값은 국제적으로 통용되는 사고시 머리 상해치의 기준 값이다. HIC는 다음과 같이 정의한다:

$$\text{HIC} = \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t)\, dt \right]^{2.5} (t_2 - t_1)$$

t1과 t2는 충돌시작과 종료시간이다. 일반적으로 측정시간은 15분으로 한다( ). NHTSA에 의하면, 이 값이 1000을 넘길 경우 뇌에 치명적인 부상을 입을 확률이 높게 된다고 한다. 즉, HIC가 1000일 때 이중 18%는 생명에 위험이 갈 정도로 뇌에 매우 심각한 부상을 입으며, 위 18%를 포함하여 55%는 심각한 머리 부상을 입으며, 90%는 일반적인 머리 부상을 입는다. 다음 그림은 동적테스트를 통하여 HIC를 측정하는 것을 나타내고 있다.



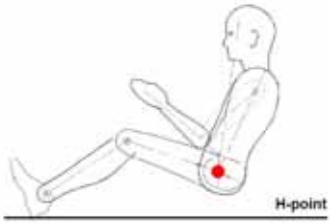
22) 자동차좌석의 디자인에 관련되는 개념으로 H-point(or hip-point)는 탑승자의 다리와 척추간의 교차지점이다. 자동차좌석을 디자인 할 때는 우선 탑승자의 승차감, 운전할 때의 시야 등을 고려하게 되는 데, 이와 관련하여 H-point를 고려하여 설계

(31.5 inches) 이상이 되도록 변경하였고, 뒷좌석에 머리지지대가 설치된 차량의 경우에는 H-point로부터 최소한 750mm 이상이 되도록 규정하였다. 새로운 요건의 적용으로 앞좌석 고정식 머리지지대는 최소한 800mm(31.5 inches)가 되어야 하며, 앞좌석 조정식 머리지지대의 경우에도 800mm(31.5 inches) 높이로 조절가능 해야 하며, 최저높이로 조절했을 때에도 750mm(27.5 inches) 이상은 되어야 한다.

머리지지대의 높이요건을 더욱 강화한 것은 머리지지대가 머리와 목의 후방움직임을 제한할 정도로 충분히 높게 될 것을 요구함으로써 운전자의 목부상 감소를 위한 것이다. 이전의 높이 요건을 실행한 이후에 수행된 연구는 머리지지대가 상체와 관련하여 머리와 목의 움직임을 충분히 통제하기 위하여 탑승자 머리의 무게 중심(center of gravity, CG)만큼 높아져야 한다는 것을 보여주고 있다.

이에 더하여, AHAS는, 앞좌석 또는 뒷좌석 조정식 머리지지대는 800mm보다 낮은 조정위치를 가져서는 안된다고 코멘트하였다. 동 단체는, 앞좌석 조정식 머리지지대에 750mm 높이를 NPRM에서 규정한 것은 충분한 정당성을 제공하지 못하였다고 믿었다. 동 단체는, 뒷좌석의 높이요건 역시 NHTSA가 후방 시야가 가려져 머리지지대 높이

하게 된다. H-point의 측정은 충돌시험용 인체모형(dummy, 이하 '더미'로 한다)로 하게 되는 데 그 기준은 평균적인 남성의 신체조건(50th percentile male occupant)을 기준으로 측정한다. 최근에는 자동차의 H-point 위치를 조금 더 올리자는 견해가 많이 나타나고 있다. The Wall Street Journal은 "H-point가 높을수록 탑승자의 시야는 더욱 높은 곳에 위치하게 되고, 또한 승차감 또한 훨씬 더 좋다."고 하였다. 버스, 미니밴, SUVs는 일반적으로 세단보다는 H-points 위치가 더 높게 디자인되어 있어서 운전시 편안함을 준다.



를 상향시킨 것의 편익이 상쇄된다는 것을 입증하지 못하는 한 800mm의 높이가 적용되어야 바람직하다고 하였다.

이에 반하여, 폭스바겐과 포르셰측에서는, 차량 지붕과 같은 고정구조물과 머리지지대 사이에 최대 25mm의 충분한 공간을 제공하기 위하여 ECE 규정이 머리지지대로 하여금 더 낮은 최대한의 높이를 가지도록 허용하였다고 코멘트 하였다. 따라서 폭스바겐과 포르셰측에서는, FMVSS NO. 202도 그러한 입장을 규정하여야 한다고 믿었다. 포르셰측에서는, 자사의 몇 몇 모델들은 H-Point와 지붕선(roof-line) 간 거리가 750mm 이하라는 것을 제시한 데이터를 제공하였다.

브리티시 콜럼비아 보험회사(Insurance Corporation Of British Columbia, ICBC)는 자신들의 의뢰로 Biokinetics and Association Ltd.에 의해 수행된 연구에서, 현장에서 적절히 조정된 머리지지대가 교육프로그램 시행 이후에 두 배로 되었다는 것을 제시한 데이터를 보고하였다. 북미 제네랄모터스(General Motors North America, GM), 다임러 크라이슬러와 미국 메르체데스벤츠 그리고 자동차제조업체들연합(Alliance Automobile Manufacturer, AAM)은 NHTSA/산업계를 위하여 머리지지대 조정에 관한 교육프로그램의 필요성에 관하여 코멘트하였다.

3. 백셋 요건

NPRM에서, NHTSA는 어느 조정 위치에서든 50mm(2 inches) 이하의 백셋을 머리지지대는 가져야 한다는 새로운 요건을 제안하였다. 백셋은 750mm와 800mm 높이 사이의 어떠한 지점에서라도 측정되어질 수 있다. 인체공학연구단체들(biomechanics community)의 합의는 백셋 용적은 후방 충돌로 인해 목이 느끼는 힘과 어떤 사람이 부상으로 인해 불구가 되는 시간의 길이에 중대한 영향력을 가진다는 것이었다. 이것은 신체실험과 컴퓨터 모델링 그리고 실제 충돌 데이터 모두에 기

초하고 있다. 몇 몇 연구자들은, 후면추돌시 머리와 상체 사이에 아무런 관련성없는 움직임을 허용하면서 백셋이 영(zero)에 가까울수록 잠재적인 부상위험은 더욱 줄어든다고 하고 있다.

AAM은, 자동차 추돌시 발생하는 목부상에 대한 보호는 머리지지대와 백셋 간의 거리와 관련성은 있지만, 머리지지대와 백셋 거리 측정만으로는 목부상에 대한 보호가 충분히 측정되지 않는다고 코멘트하였다. 이에 더하여, AAM은 기능적 요건이 훨씬 더 적절하지만 더 진전된 인체공학적 연구에 기초되어야 한다고 첨언하였다.

미시간대학교 교통연구소(University Of Michigan Transport Research Institute, UMTRI)는, 백셋 거리를 50mm로 규정했을 때 운전자의 13%는 자신들이 선호하는 머리 위치가 간섭받는다고, 그리고 백셋 거리를 25mm의 머리카락 마진(hair margin, 두피와 머리카락 끝부분 간의 거리)으로 규정했을 때 운전자의 33%는 운전시 머리카락이 머리지지대를 건드린다고 자신들의 연구 데이터에 기초하여 지적하였다. 또한 UMTRI는 작은 키의 운전자들이 큰 키의 운전자들에 비해 더욱 수직의 각도에 가까이 앉게 되어 불편함을 느꼈다고 지적하였다. UMTRI의 연구에 의하면, 현재 좌석 디자인상 백셋의 거리를 91mm로 했을 때 인구의 99%가 선호하는 머리 위치를 수용할 것으로 추정하였다. 만약 NHTSA가 50mm 백셋을 요구한다면, 자동차제조업체들은 좌석 등받이 각도(seatback angle)[23]를 현재 전형적인 좌석 디자인 각도인 22도보다 더 넓은 평균치를 가진 선별적 좌석 등받이를 가질 좌석들을 생산할 것이고, 만약 좌석이 25도 각도를 지닌 더 넓은 평균치를 가진 선별적 좌석 등받이로 디자인 된다면, 적은 퍼센트의 탑승자를 제외하고는 모든 탑승자들이 수용될 것이다.

GM은 꽁지머리를 하고 있는 사람들과 헤어클립을 하고 있는 사람들이 특히 50mm 백셋 요건에 의해 영향을 받게 될 것이라고 코멘트하였다.

23) H-point와 Torso Line이 이루는 각도.

Ford는 머리지지대의 안락함과 관련된 고객들의 불만이 최근 증가하고 있으며, 이것은 머리와 더욱 가까운 머리지지대와 상관관계가 있다고 사람들은 믿는다고 코멘트하였다.[24]

국제자동차제조업체연합회(The Association Of International Automobile Manufacture, Inc., AIAM)는 64mm의 백셋 요건을 권고하였다. Ford와 GM은 백셋 거리는 80mm로 증가되어야 할 것을 권고하였다. Ford사는 백셋 거리 70mm에서 목부상 감소의 효과가 훨씬 더 많다고 믿는 이유가 존재한다고 최근 연구에서 덧붙였다.

Diamler는 50mm의 백셋이 필요하다는 것을 보여주는 충분한 지식은 존재하지 않는다고 코멘트하였다.[25]

그러나, ICBC와 Transport Canada는 50mm 백셋 제한을 지지하였다. 50mm 백셋이 항상 더 나은 머리지지대 실행을 결과하였다고, 그리고 50mm가 목부상을 현격히 감소시키기에 충분하다고 ICBC는 코멘트하였다. ICBC는 그 근거로 2001년 통계 데이터베이스를 예로 들었고, 이 자료에 의하면 19개 제조업체들의 164개 차량 중 49개가 50mm 또는 그 이하의 백셋 거리를 두고 있었다.

NPRM이 모든 탑승자들에게 50mm 백셋을 보장하지 않을 것이라는 안을 제출하였을 당시에 NHTSA는 이것을 알고 있었다. UMTRI가 자신들의 코멘트에서 지적하였듯이, 25도의 좌석 등받이 각도는 통상적

24) 그럼에도 불구하고, 포드는 백셋요건을 위하여 상체각도(torso angle)가 25도로 유지되어야 한다고 하였는바, 이것은 IIHS가 계속하여 25도를 유지하고 있기 때문이라고 한다. NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation-National Center for Statistics and Analysis), FMVSS No. 202a Head Restraints, 7, April 2007 참조.

25) DaimlerChrysler는 55mm 백셋요건뿐만 아니라 25도 상체각도를 NHTSA가 재고하여야 한다고 요청하였다. 25도 상체각도는 현실적이지 않기 때문에 실제상황과 비교할 때 훨씬 더 넓은 백셋을 초래한다고 주장하였고, 25도보다는 “디자인 상체각도(design torso angle)” 또는 “디자인 좌석 등받이 각도(design seatback angle)”를 NHTSA가 구체화할 것을 권고하였다. 1995-2000년식 차량들 가운데 다자인 상체각도를 채택한 차량은 566 대였고 평균 각도는 23.8도이었다. NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation-National Center for Statistics and Analysis), FMVSS No. 202a Head Restraints, 7 & Table III-1, April 2007 참조.

으로 선택된 좌석 등받이 각도의 범위의 가장자리(edge)에 존재하고 아마도 더 많은 탑승자들에 의해 선택될 개연성이 훨씬 더 많기 때문에, 25도의 좌석 등받이 각도가 선택되었다. 그래서, UMTRI는 백셋에 대한 최악의 경우 측정 조건을 제공하고 있는 것이다. 25도의 좌석 등받이 각도는 ICBC, IIHS 그리고 RCAR에 의해 사용된 방법과 일치할뿐만 아니라 제조업체의 어떠한 구체적인 각도도 존재하지 않는다면 머리지지대를 측정할 때 ECE 17에 의해 사용된 좌석 등받이 각도와도 일치한다. NHTSA는 좌석 등받이 각도가 조정가능할 때 25도 좌석 등받이 각도를 가진 백셋을 측정하는 것이 대단히 중요하다는 IIHS의 의견에 동의한다.

앞좌석에 대한 50mm 백셋에 반대하는 사람들의 주장은 어떤 특정 탑승자를 위한 50mm 백셋에 반대하는 것으로 보이지는 않는다. 사실, ICBC에 의해 언급되었듯이, 50mm 백셋은 어떠한 훨씬 더 큰 값(value)을 선호할 수 있다는 것을 연구의 대부분이 적시하였다. 이것은 Tenser의 코멘트에 의해 확정되었다. 이에 반대하는 주장은 몇 몇 탑승자들이 백셋을 50mm 이하 값으로 감소시킬 25도 좌석 등받이보다 훨씬 더 가파른 좌석 등받이를 선택할 것이라고 가정한다. 50mm 이하 값은 보통의 머리위치에 간섭을 초래하거나 근접성 때문에 불편을 야기한다. 탑승자의 불편과 관련된 주장은, ICBC가 코멘트 했듯이, 2001년식 자동차 164대 가운데 49대가 50mm 백셋 제한을 충족한다는 지식에 비추어 볼 때, 그렇게 설득적이지 못하다.

일반적으로, 50th Hybrid Ⅲ 더미를 사용하는 NHTSA 컴퓨터 모델링 결과는 다음과 같이 요약되어 질 수 있다. 머리지지대의 높이 위치가 750mm에서 800mm 일 때와 백셋 거리가 0에서 50mm 일 때, 후방추돌시 머리와 상체의 상대적인 회전 값이 가장 낮게 측정되었다. 백셋 거리가 50mm로부터 100mm까지 올라갈 때 평균적인 머리 회전 값의 변화는 약 20도였다. 그래서, NHTSA는 백셋 거리를 50mm로 제한하

고 머리지지대의 높이를 800mm로(조정했을 때의 높이 하한을 750mm로) 할 수 있는 머리지지대가 최상일 것이라고 믿는다.

좌석의 편안함과 백셋에 관한 관심과 안전성을 균형잡히게 하기 위한 응답으로, NHTSA는「차량 연구와 테스트 센터」(Vehicle Research and Test Center, VRTC)에서 측정한 백셋 거리에 대한 측정변수(measurement variability)를 고찰하여 오차한계가 +/ -5mm의 범위 내에 있다는 것을 파악하였다.[26] Honda는 측정변수의 오차한계를 +/ -5mm에서 +/-8mm까지로 보고하였다. 그래서, 백셋 한계를 55mm까지 증가시키기 위하여, 자동차제조업체들의 목표가 측정과 제조변수로 인하여 (50mm에 가깝게) 더 낮아야 한다고 NHTSA는 결정하였다.

4. 조정식 머리지지대의 잠금 메카니즘을 통한 조정유지요건

현재 높이 요건의 변경과 백셋 요건의 추가는 모든 머리지지대의 성능개선에 기여할 것으로 예상된다. 특히, 조정식 머리지지대는 운전자들에 의해 적절히 위치되지 않고 정확한 위치에서 잠금장치 되지 않아 사고발생시 더 큰 부상을 유발할 수 있다는 비판을 자주 받아왔다. 그러므로, 이용자에 의해 조정식 머리지지대의 위치가 정확하게 고정되어진 이후에 그 위치를 계속 유지할 수 있도록 보장하기 위한

26) 2004 최종규칙에 대한 청원자들은 +/ -5mm보다 훨씬 더 큰 측정변수가 존재한다고 주장한다. 포드(Ford)는 2004 최종규칙에서 구체화한 백셋측정방법과 장치가 전체 과정의 가변성을 설명하기에는 충분하게 평가되지 않았다고 주장하였다. 실제 가변성은 2004 최종규칙의 양을 훨씬 초과한다는 것을 테스트 데이터 분석이 보였주었고, 그래서 그 규칙이 합리적이지도 실제적이지도 않다고 포드는 주장하였다. 2007 최종규제보충평가서는 GTR에 제출된 포드, 일본 및 캐나다 자료를 상세히 검토한 바, 약간씩 방법론상 차이는 있지만, 98% 신뢰도와 2.3mm에서 9.5mm까지 측정변수가 존재한다는 것을 알았다. NHTSA는 어떤 변수가 실험실과 산업계 사이의 측정을 준수하도록 예상될 것인가를 결정할 목적으로 스스로 측정변수의 연구를 시행하였다. NHTSA는 98% 신뢰도의 5.6mm 측정변수를 예측하였다. NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation-National Center for Statistics and Analysis), FMVSS No. 202a Head Restraints, 9, April 2007 참조.

몇 단계 조치들이 취해진다면, 조정식 머리지지대의 실행은 훨씬 더 개선되어 목부상 방지에 더 큰 효과가 있을 것으로 여겨진다. 잠금장치 요건의 편익은 머리지지대를 조정된 위치로 남아있게 유지시켜 그 효과가 더욱 직접적일 것으로 기대된다.

기술 보고서(Technical Report)에 대한 대부분의 평석자들은 조정식 머리지지대의 잠금장치에 대해서 긍정적으로 평가하였다. 조정된 위치를 유지하는 것의 편익에 더하여, 머리지지대 잠금 메카니즘(head restraint locking mechanism)이 추돌시 머리가 급격히 아래나 뒤로 움직일 수 없도록 머리지지대를 지지할 수 있다면, 탑승자의 부상 개연성을 훨씬 더 줄이게 될 것이라고 NHTSA는 믿고 있다.

2004 최종규칙은 앞좌석 위치를 위하여 조정식 머리지지대가 추돌시 아래로 머리가 떨어지는 힘을 적용할 때 800mm(31.5 inches)에는 가장 근접하지만 그렇다고 800mm(31.5 inches) 이하로는 되지 않도록 모든 조정위치에 고정(잠금)되어야 할 것을 요구한다. 모든 창측 위치(outboard-seating positions)에 있는 머리지지대는 가장 높은 위치에서 고정(잠금)되어야 하고 앞좌석 머리지지대를 위하여 750mm(29.5 inches)에는 가장 근접하지만 그렇다고 750mm(29.5 inches) 이하로는 되지 않도록 모든 조정위치에서 고정(잠금)되어야 한다. 마지막으로, 만약 백셋이 55mm 이하로 조정될 수 있다면, 충돌시 뒤로 가는(rearward) 부담을 적용할 때, 앞좌석 머리지지대를 위하여 750mm와 800mm 사이에서 높이가 조정될 때 머리지지대는 어떠한 백셋 위치에서라도 고정(잠금)되어야 한다.

NHTSA는 백셋 거리의 중요성을 인식하여, 백셋 조정을 위하여서는 회전뿐만 아니라 수직적으로도 조정할 수 있도록 디자인되어야 한다고 믿었다. 그리고 머리지지대를 적극적으로 잠금하는 것은 위에서 언급된 것 이상의 다른 조정위치에서 요구되지는 않지만, 그렇다고 금지되는 것도 아니다. 머리지지대의 높이와 백셋 거리의 중요성을 인

식하여, NHTSA는 머리지지대의 높이와 백셋이 충격에 견디는 실험을 하였는바, 그 실험은 다음과 같다. 백셋 유지실험은 공모양의 하중부가 측정장치를 이용하고 높이유지와 관련된 실험은 원통형의 테스트 장치를 사용한다. 높이 유지 관련시험은 하중부가 측정장치를 이용하여 머리지지대의 수직방향으로 하중을 가하여 시험한다. 수직으로 500N (56.2 lbs)의 힘을 가하여 머리지지대가 얼마나 견디는지를 측정한다. 백셋 유지시험은 순간 373Nm(3,300 inch lb)의 힘을 후방에서 가하여 측정한다. 힘을 가하는 장치를 해제한 후 측정위치는 최초위치에서 변위량의 차이값이 13mm 이내이어야 합격한다. 이 실험은, 만약 잠금 메카니즘이 실패한다면, 머리 형태가 처음 위치로 돌아가지 않는다는 것을 가정하여 설계되었다.

5. 공용화 또는 조화

자동차 규제 요건의 분야에서 전세계적 공용화 노력은 1949년에 시작되었다. UN에 의해서 The Geneva Convention on Road and Signs가 창설되었으며, UN산하 유럽경제위원회(Economic Commission for Europe, ECE)에서는 유럽의 국가간 자동차의 이동문제에 관하여 검토하기 시작하였다. Geneva Convention은, 최소한의 구체적 요건들에 관한 목록이 충족되기만 하면, 자국의 차량제조 및 규제요건을 충족하지 않더라도 국가간 임시적 차량이동을 공식적으로 허용하였다. 이후, 대부분의 전세계 국가들은 Geneva Convention의 회원국이 되었다.

자동차 규제와 관련된 제반사항에 대해 합의와 이행을 이루어내기 위한 전 지구적인 공용화가 국가별 자동차 규제, 인증 이행절차에 관한 고유한 특성으로 인해 발생하는 무역 장벽을 제거할 수 있을 것이라는 것은 많은 사람들의 견해이다. 각 국가별로 여러 가지 규제를 각각 준수하기 위하여 자동차제조업체들은 그로 인한 생산비용이 상승하게 된다. 이것은 또한 신제품을 개발 및 생산하는데 장애가 되며,

결국 전세계 소비자들의 수요변화에 민감하게 대응하지 못하게 된다. 그러므로 자동차 규제의 공용화가 절실히 필요한바, ECE는 안전성이 향상되거나 안정성 효과가 중립적인 경우에 한하여 각국의 자동차 규제의 공용화에 찬성한다. ECE는 미국의 FMVSS No. 202를 개선하는 것과 관련된 두 개의 규정(regulations)을 가지고 있는 바, ECE 17과 ECE 25가 바로 그것이다. ECE 17이 좌석, 좌석고정대, 그리고 머리지지대에 관한 규정을 두고 있는데 반하여, ECE 25는 머리지지대가 좌석에 부착되는지 여부에 적용된다.

머리지지대의 높이 규정을 ECE 17 규정에 맞추려는 노력과 동시에 간격과 에너지흡수를 2004 최종규칙에 추가하려는 필요성이 제기되었다. 2004 최종규칙은 벤치형 좌석의 머리지지대폭을 254mm(10 inches) 이상이 되도록 규정하고 있는데, 이것을 ECE 17의 170mm(6.7 inches)로 감소할 것을 요구한다. 2004 최종규칙의 대부분의 머리지지대가 ECE 17에 규정된 간격과 에너지흡수요건을 충족하고 있기 때문에, 2004 최종규칙에 이러한 요건들을 적용한다고 하더라도 안전성 또는 비용에 중대한 영향을 미치지는 않을 것이다.

(1) 폭

NHTSA는 독립식 앞좌석과 뒷좌석 머리지지대가 설치된 경우에는 170mm로 규정했고, 벤치형 좌석의 머리지지대 폭을 254mm로 규정하였다. 이것은 벤치형 좌석을 포함하여 앞좌석에도 그 폭을 170mm로 규정한 ECE 17과는 다른 것이다. NHTSA는 ECE 17처럼 일괄적으로 170mm로 규정하지 않은 것은 뒷좌석의 안전 수준을 더욱 고려한 것이다. 벤치형에 앉은 탑승자는 독립식 좌석에 비해 움직일 수 있는 공간이 더욱 많기 때문에 머리지지대의 폭이 훨씬 더 강화되어야 한다. 이것은 특히 안전벨트를 착용하지 않은 경우에 그 효과는 더욱 강화된

다. 머리 지지대의 폭이 넓을수록 탑승자의 편익은 더욱 늘어난다.

(2) 간 격

간격이란 좌석의 최상단과 조정가능한 머리지지대의 최하단간의 거리를 말한다. 머리지지대의 간격이 클수록 추돌시 사고로 인한 부상위험이 커지게 된다. 이에 따라 2004 최종규칙은 ECE 17과 유사하게 간격 최대 허용기준을 정하였다. 고정식 머리지지대의 경우, ECE 17에서는 최대 60mm(2.36 inches) 간격을 허용한다. 이것은 후면추돌시 머리가 간격사이에 들어가거나 부딪혀서 발생하는 부상을 줄이기 위한 것이다. 또한 지나치게 머리지지대의 간격을 크게 하는 것은 운전자의 가시도에 영향을 주게 된다.

조정식 머리지지대의 경우 머리지지대의 위치를 조정하여 가장 낮은 곳에 고정되었을 때와 좌석간의 간격은 25mm(0.98 inches)로 규정하였고, 그 외에는 60mm(2.36 inches) 이하로 규정하였다. NHTSA는 ECE에서 규정한 간격 기준치에 대하여, 그렇게 규정한 근원적인 이유 및 원리에 대하여 과학적으로 검증하여 정확하게 인지하지는 못했지만, 간격에 관련된 미국 자체의 독립적인 실험 데이터 부족으로 한 가지 예외를 제외하고서는 ECE 25의 간격규정을 수용하기로 하였다. 그 한 가지 예외는, 머리지지대가 가장 낮은 위치에 있을 때, 머리지지대와 좌석 사이의 간격요건에 대한 것인데, NHTSA에서는 조정식 머리지지대의 경우에도 위치에 상관없이 최대 허용 간격을 60mm로 규정하여, ECE 규정과 차이점을 보였다. ECE 규정에서는 백셋의 조정가능성을 고려하지 않았으며, 조정식 머리지지대가 가장 낮은 곳에 고정되었을 때 단지 25mm(0.98 inches) 이하면 된다는 규정만을 두었다. 이에 더하여, ECE는 이러한 간격을 측정하는 절차에 대해서도 규정하지 않았다. 이와는 달리, 2004 최종규칙은 조정식 머리지지대의 경

우, 가장 낮은 위치로 높이 조절된 머리지지대에 대하여 백셋의 조절 위치가 어느 곳에 있든지 상관없이 간격은 항상 60mm(2.36 inches) 이하로 규정하였고 간격측정방법에 대해서도 규정하고 있다.

GM은 2004 최종규칙의 간격요건이 ECE 17과 동일하다고 믿고 있으며 그것을 반대하지도 않는다. Daimler는 좌석들과 관련된 간격규정에 대하여 구체적인 관심을 표명하지는 않았지만, 뒷좌석 간격을 제한하는 것은 운전자의 가시도를 저하시킬 수 있다고 의견표명 하였다.

제안된 간격 제한을 위해 사용된 이론적 근거를 지지하는 데이터를 NHTSA가 충분히 제공하지 못하고 있다고 AHAS는 믿고 있다. 규칙제정 기록서(rulemaking record)에 충분한 데이터와 정교한 이론적 근거없이 머리지지대에 관한 이러한 종류의 구체적인 디자인 특징들을 통제하면서, 새롭고 독자적 요건을 정립할 뿐만 아니라 부분적이라도 공용화를 채택하는 것은 자의적이 될 것이라고 AHAS는 진술하였다.

6. 가시도(시야)

머리지지대에 관한 일반적인 소비자 불평은 머리지지대가 차량 후면에 대한 가시도를 감소시킨다는 것이다. 이것은 다음과 같은 두 가지 측면에서 검토해야 한다. 첫째, 운전자의 머리지지대이다. 운전자가 후진하거나 머리를 뒤로 돌려서 뒤쪽을 바라봐야 하는 경우에 운전자는 머리를 머리지지대의 옆쪽으로 해서 뒤편을 봐야 하거나 혹은 머리지지대의 위쪽으로 머리를 들어 올려서 뒤를 봐야 한다.[27] 머리지지대 높이 규정의 강화는 기존의 높이 규정과 비교해서 볼 때 대부분의 운전자들에게 크게 영향을 주지 않는다. 왜냐하면, 운전자 평균 시선의 높이는 690mm인데, 이것은 현재 앞좌석 머리지지대의 평균

27) 몇 몇 머리지지대는 틈이 있는데, 그 사이로 뒤를 볼 수는 있지만 이것 역시 안전운전을 위해서 좋은 방법은 아니다. NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation), FMVSS NO. 202 Head Restraints For Passenger Vehicles 17, November, 2004.

최저 높이인 726mm 보다 낮기 때문이다(표 5-3). 그러므로, 적어도 남성 운전자 모집단의 50%와 여성 운전자 모집단의 50% 이상은 기존의 높이 규정을 적용한 머리지지대의 높이에서도 후면을 바라보기 위하여 머리지지대 옆으로 해서 보아야 하기 때문에 머리지지대의 높이를 증가하는 2004 최종규칙으로 인해서 이들 운전자의 가시도가 특별히 악화되는 것은 아니다.

그러나, 머리지지대의 높이가 750mm(29.5 inches) 이하로 조절되어서는 안된다는 규정으로 인하여 훨씬 더 많은 운전자들(자신들의 머리지지대를 가장 낮은 위치에 두고 있는 현재 운전자들 가운데 47%)이 뒤쪽을 바라보는데 있어서 불편을 겪게 될 것이다. 뒤쪽을 바라보기 위해서 운전자들이 몸을 돌리거나 머리지지대 위로 상체를 쭉 펴는 것은 운전자들에게는 불편함으로 다가올 것이며, 또한 그것은 운전자들의 연령이나 신체적 특성에 따라서 더욱 많은 불편함을 야기할 것이다. 특히 목, 어깨, 등 관련 육체적 질환이 있는 사람들이나 혹은 고령의 운전자들의 경우는 뒤쪽을 바라보는데 더욱 불편함을 느낄 것이다. 이 때 운전자들은 자동차에 장착된 외부거울을 이용할 수 있지만, 운전자 입장에서는 선호하지 않을 것으로 보인다.

둘째, 뒷좌석 머리지지대이다. 운전자가 고개를 돌려 직접 후면을 볼 때 직접적 가시도를 감소시킬 수 있고 차량내부 후방거울(rearview mirror)로 후면을 바라볼 때 간접적 가시도를 감소시킬 수 있다는 것이다. NHTSA는 머리지지대가 반드시 앞좌석 또는 뒷좌석의 가운데에 위치해야 한다고 제안하지 않았다. 머리지지대가 좌석 가운데에 위치하는 것은 뒷좌석 창측 위치(rear outboard seating positions)보다 훨씬 덜 비용 효과적이고 후방 가시도를 훨씬 더 감소시킬 것이다. 뒷좌석 머리지지대는 앞좌석 머리지지대의 높이와 마찬가지로 높이 올려질 수 있을 필요는 없다고 NHTSA는 제안하였다. 규칙안의 뒷좌석 높이 요건을 충족하는 뒷좌석 머리지지대를 가진 몇 몇 자동차 모델들이

이미 운행되고 있다. 2004 최종규칙은 단지 뒷좌석 머리지지대가 설치될 때에만 이 높이를 요구할 뿐이다.

NHTSA는 775mm(29.5 inches)의 뒷좌석 높이를 충족하는 1999년식 Toyota Camry를 대상으로 약식조사를 하였다. 뒷좌석 머리지지대는 최고 높이로 조정되었다. 조사 결과 운전자들은 운전 중 후면을 바라보는데 있어서 머리지지대 위로 바라보는 데는 특별히 불편함을 느끼지 않는다고 하였다. 그러나 운전자가 후면을 주시하는데 있어서 머리지지대는 여전히 가시도를 감소시킨다. 그러나, 이 조사는 한 개 모델만을 대상으로 하였고 뒷좌석 머리지지대로 인하여 야기된 시야방해에 있어서 많은 차이점들이 존재할 수 있을 것이다. 이 조사에서도, 운전자는 뒤에서 오는 차량들을 관찰하기 위하여 차량에 부착된 외부 거울(exterior mirror)을 사용할 수 있다는 것을 확인하였다.

그러나, 운전자가 외부 거울을 사용할 때는 시야에 있어서 사각지대가 존재할 수 있고, 차량내부 후방거울을 사용할 때는 뒷좌석 머리지지대에 의해서 시야가 방해될 수 있다. 뒷좌석 머리지지대가 후면 시야를 가림으로 인하여, 안전 운전을 위하여 운전자는 외부 거울을 보조적으로 사용할 수 밖에 없게 되며, 운전시 더욱 자주 머리를 옆쪽으로 돌리게 된다. 많은 운전자들이 차량내부 후방거울을 사용하여 후면에 대한 가능한 많은 가시도를 확보하기를 선호한다. 그러나, 차선변경시 영향을 줄 수 있는 운전자 행동에 있어서의 잠재적 변화와 잠재적 가시도에 대해서는 위의 사유 이외에도 많은 요소들이 영향을 미친다. 그러므로, 차량 충돌의 회피에 대한 전반적 영향은 결정하기 매우 곤란하다.

7. 유예기간

머리지지대 관련 기준을 개정 강화하여 업그레이드된 2004 최종규칙이 2008년 9월 1일(2004 최종규칙이 공표된 후 최초의 9월 1일이

지난 이후의 3년)부터 효력을 가질 것이라고 NPRM은 규정하였다. 그러나, 그 동안 임시적으로, ECE 17 규정이나 FMVSS No. 202 현재 규정을 따르고 있는 것은 허용하기로 하였다. 제안된 유예기간(2004년 11월에 2004 최종규칙이 공표되었기 때문에 거의 4년에 이름)에 관련된 코멘트는 거의 없다. Honda는 2004 최종규칙은 앞좌석에만 적용되어서는 안되고, 뒷좌석 머리지지대에 대해서는 3년의 유예기간이 추가로 더해져야 한다고 코멘트 하였다. Porshe도 제한된 생산라인을 가진 자동차제조업체들에게는 추가적인 유예기간이 주어져야 하고, 만약 단계적 도입이 사용된다면, 단계적 도입이 끝날 때까지 유예기간이 주어져야 한다고 코멘트 하였다.

Ⅴ. 2004 최종규칙 제정을 위한 후면추돌시 발생하는 목부상과 관련된 연구조사

1993년의 한 연구조사[28]는, 백셋 거리가 커질수록 추돌시 머리와 상체의 회전각이 커지므로 백셋 거리가 목부상에 미치는 영향이 매우 크다고 하였다. 이 연구는 또한 좌석 등받이 구조의 경도(stiffness)가 증가하면 머리와 상체의 최대한도의 이동(displacement)에 좀 더 영향을 미쳐 목부상이 더 심해진다고 밝혔지만, 훨씬 더 깊고 높은 좌석 등받이 큐션과 결합한 훨씬 더 딱딱한 더 낮은 좌석 등받이 큐션이 머리와 상체의 불일치를 현격히 감소시킨다는 결과를 도출하였다.

1987년에서 1988년 동안 Volvo 차량을 대상으로 한 26건의 후면추돌(앞좌석 탑승자는 33명)에 관한 연구조사[29]가 스웨덴에서 행해졌다. 이 연구는 후면추돌로 인한 목부상과 관련있는 것에 대하여 조사하였다. 자동차 추돌유형, 탑승자, 그리고 자동차 종류를 매개변수로 하여 목부상의 심각한 정도 차이에 대해서 조사하였다. 이 조사에서 나타난 모든 부상은 그 정도가 경미한 수준인 약식부상지수(Abbreviated Injury Scale, AIS)[30] 1이었다. 그 중에서 탑승자의 70%는 목에만 한정

28) Mats Y. Svensson, Per Lovsund,Yngve Haland and Stefan Larson, The Influence of Seat-Back and Head-Neck Motion During Rear-Impact presented at the 1993 International IRCOBI Conference on the Biomechcanics of Impact, 8-10 September, Eindhoven, The Netherlands.

29) Olsson I, Bunketrp O, Gustafsson C, Planath I, Norin H, Y Sander L, An In-Depth Study of Neck-Injuries in Rear End Collisions, 1990 International Conference on The Biomechanics of Impact.

30) 사고로 인한 부상을 입었을 때 몸의 위치에 따른 부상의 정도에 대해서 일반적인 평가를 할 수 있는 기준으로 사용하는 것이 AIS이다. 이 기준은 자동차의료진흥단체(Association for the Advancement of Automotive Medicine, AAAM)에 의하여 개발되었고, AIS 등급은 AIS 0에서부터 AIS 6으로 단계별로 분류된다. Paul G. Bedewi and Nabih E. Bedewi Modeling of Occupant Biomechanics with Emphasis on the Analysis of Lower Extremity Injuries, FHWA/NHTSA National Crash Analysis Center, The George Washington University, Ashburn, Virginia USA.

된 증상을 지닌 목부상만을 겪었다. 이 연구는 백셋과 목부상 증상의 정도와 기간이 상호관련이 있다는 것을 발견하였다. 후면추돌시 백셋이 100mm 이상이었을 때, 장기치료를 요하는 목부상의 발생이 높게 나타났다. 또한 후면추돌로 인하여 머리가 순간적으로 뒤쪽으로 크게 움직이는 것을 감소시키는 것이 장기적인 치료를 필요로 하는 목부상을 줄이는 데 있어 매우 중요하다는 것을 발견하였다.

후면저속추돌시 목부상을 수학적으로 모델화하고 예측하는 목부상 평가기준(neck injury criterion, NIC)은 경추(cervical spine)의 가장 높은 곳에서의 가속과 속도의 상관관계와 경추의 가장 낮은 곳에서의 가속과 속도의 상관관계에 기초하여 제안되고 있다. 즉, 후면 저속추돌시 목부상 평가기준과 그 때의 탑승객의 실제 부상 상태를 비교분석하여 목부상 평가기준이 부상의 정도를 정확하게 반영하는지 여부를 이 연구는 조사하였다.[31)]

이 연구에서는 충격을 가했을 때 NIC의 임계치인 15㎏ 를 넘지 않았으므로 NIC에 의하면 목부상을 당한 사람은 없어야 한다. 그러나,

AIS 등급(Code)	부상 정도(Injury Level)	사망 범주(Fatality Range)
0	No Injury	0 %
1	Minor	0 %
2	Moderate	0.1 - 0.4 %
3	Serious	0.8 - 2.1 %
4	Severe	7.9 - 10.6 %
5	Critical	53.1 - 58.4 %
6	Maximum	Virtually Unsurvivable

31) Wheer JB, Smith TA, Siegmund GP, Brault JR, King DJ. Validation of The Neck Injury Criterion(NIC) Using Kinematic and Clinical Results From Human Subjects in Rear-End Collision. IRCOBI Conference 1998. NIC는 머리와 몸통 사이의 동적 상대운동량을 정량화한 것이며, 두부와 몸통사이의 동적 상대운동량을 정량화한 NIC는 다음과 같다.

* NIC=0.2×㎏rel + rel (㎏rel 과 rel 은 각각 가슴과 머리중심사이의 상대가속도 및 속도이다)
* NIC의 상해 임계치는 ㎏ 이고, 이는 한 달 이상의 증상을 보일 확률이 20% 미만이며 초기 증상을 동반한 한 달 이하의 증상을 보일 확률은 50% 정도이다.

이 실험에서 33%가 넘는 사람들이 고통을 호소하였다. 이 중에서 52%의 사람들(테스트받은 42명 중 22명)은 4갛갛 갢혹은 8갛갛 웱 속도변화가 발생할 때 통증이 발생한다고 보고하였다. 피험자들에게서 목부상 증상의 발현을 NIC가 예측하지 못한 이유는 NIC가 피험자의 증상에 관한 정확한 원인이 알려져 있지 않은 척추근신경절병리학(dorsal root ganglion pathology)을 예측하는 압력의 변화에 따른 부상메카니즘 모델(pressure gradient injury mechanism model)에 기초하고 있기 때문일 것이다.

등뼈신경절부상이 피험자들에게 발생하였는지 여부를 조직병리학검사(histopathological examination)에 의해 확인하는 것은 가능하지 않다. 나아가, 피험자들의 증상이 신경(nerve)에 기초한 것이 아니었다는 것을 알려주는 반사작용, 감각, 또는 상체근육의 힘을 위한 추돌 후(post-impact) 임상시험에서 어떠한 중대한 차이점도 지적되지 않았다. 따라서, NIC 값은 피험자군에서 증상의 존재를 예측할 수 없었다. 이 연구는 더 정교한 작업이 NIC를 위해 필요하다고 제안하고 있다.

1. 차종별 머리지지대 높이

표 5-1은 머리지지대를 가장 높게 조정한 높이를 가진 1999년식 14개 모델에 대하여 행해진 머리지지대 높이와 백셋에 관한 안(proposal)과 측정치(measurements) 간의 차이에 관한 데이터를 나타낸다. 2004 최종규칙에서 규정한 머리지지대의 높이 요건과 백셋 요건에 미치지 못하는 값을 인치로 표현한 것이다.

즉, 2004 최종규칙은, 앞좌석의 머리지지대 높이는 800mm(31.5 inches) 이상, 뒷좌석 머리지지대 높이는 750mm(29.5 inches)이상, 백셋은 55mm (2.17 inches)이하이며, 각각의 자동차 모델별로 위의 수치 기준에 미치지 못하는 높이를 인치로 표시하였다. 예컨대, 1999년식 Toyota Camry

의 경우, 운전석의 머리지지대 높이는 781mm(30.75 inches)로 0.75 inches 모자라고, 뒷좌석 머리지지대 높이는 요건 충족, 앞좌석 백셋은 요건 충족, 뒷좌석 백셋은 0.19 inches 초과하는 것을 나타낸다. 아래 표에서 알 수 있는 바와 같이, 2004 최종규칙 요건을 충족하기 위해서는 머리지지대 높이는 높여야 하고, 백셋은 줄여야 한다.

표 5-1 차종별 머리지지대높이와 백셋에 미달하는 수치

단위 : inch

차 종	운전석		우측 앞좌석		우측 뒷좌석		좌측 뒷좌석	
	높이	백셋	높이	백셋	높이	백셋	높이	백셋
Toyota Camry*	0.75	0	0.75	0	0	0.19	0	0.39
Honda Accord	1025	0.78	1.75	0.78	2.75	+	2.75	+
Taurus/Sable	3.0	1.37	3.25	0.09	4.5	1.87	6.25	1.87
Chevy C1500/GMC	0.25	0	0.5	0	...	...	...	...
Chevy S-10	0.25	0	0.25	0	...	...	...	...
Neon	0	2.36	1.0	0.78	3.0	+	3.5	+
Saab 9-5	0.25	0	0.25	0	0	0	0	0
Lumina	1.0	0.59	1.25	0.49	5.5	+	5.25	+
Grand Cherokee*	2.75	1.77	3.25	0	1.37	2.75	1.37	2.75
Chevy. Cavalier	1.37	1.28	1.25	1.08	2.12	2.16	2.75	2.55
Malibu	0.75	0	1.0	0	5.0	+	4.0	+
Cadillac	0	1.89	1.75	2.36	4.12	4.13	4.75	+
Caravan*	0.5	0.39	1.75	0.33	2.0	1.37	1.75	1.37
Explorer*	2.62	2.95	2.5	3.15	0	1.08	1.5	1.82

* : 위 테이블에 *를 표시한 차량은 뒷좌석에 조정식 머리지지대가 있는 경우이고, * 표시된 차량중의 일부는 좌석의 높이를 조절할 수 있는 기능을 가지고 있음.

+ : 이 표시는 ICBC 장치로 백셋을 측정하기에 수치가 너무 낮아서 표시하지 않음을 의미.

참고 : 조정식 머리지지대를 보유한 자동차 중에서, 앞좌석의 경우 6대는 원하는 높이에서 좌석을 고정시킬 수 있는 positive locking mechanism이 있었으며, 6대는 없음. 그리고 뒷좌석의 경우 3대는 positive locking mechanism이 있으며, 3대는 없음.

판매가중치를 적용한 값은 표 5-2, 표 5-3, 표 5-4에 제시되어 있다. 이 값들은 측정한 값과 2004 최종규칙에서 요구되는 기준값과의 차이를 나타내고 있으며, 판매량을 가중치하여 나타낸 것이다. 앞좌석의 평균값은 운전자와 보조석 탑승자를 포함한 값이며, 뒷좌석의 평균값도 오른쪽 좌석과 왼쪽 좌석을 포함하여 나타낸 값이다. 측정된 최저 높이값과 최고 높이값은 안전성에 관한 비용-편익 분석에 사용된다.

표 5-2 2004 최종규칙에 미달하는 머리지지대 높이(머리지지대가 가장 높은 곳에 위치할 경우)

단위: inch

	앞좌석	뒷좌석
고정식 머리지지대	1.2	3.9
조정식 머리지지대	1.4	1.0
평균	1.3	2.6

표 5-3 2004 최종규칙에 미달(초과)하는 머리지지대 높이 (머리지지대가 가장 낮은 곳에 위치할 경우)

단위 : inch

	앞좌석	뒷좌석
고정식 머리지지대	-8	3.9
조정식 머리지지대	1.5	3.7
평균	0.9	3.8

표 5-4 2004 최종규칙에 초과하는 백셋 거리(머리지지대가 가장 높은 곳에 위치할 경우)

단위 : inch

	앞좌석	뒷좌석
50mm 기준	0.9	1.8
55mm 기준	0.7	1.6

2. 머리지지대 설치 현황

승용차의 앞좌석 머리지지대에 관한 1982년의 평가에서, 62%는 조정식 머리지지대였으며 38%는 고정식 머리지지대였다. 1988년에서 1996년의 NASS-CDS Report에 따르면, 승용차의 차종에 상관없이 조사한 결과에서 77%는 조정식 머리지지대였고 23%는 고정식 머리지지대였다. NHTSA는 승용차 판매량 중 47%를 차지하였던 1998년식 승용차를 샘플링하여 조사한 결과, 93%는 조정식 머리지지대였고, 나머지 7%만이 고정식 머리지지대였다고 밝혔다. 이 결과에 따르면, 승용차의 앞좌석 머리지지대는 점차 조정식 머리지지대로 이동하고 있다는 중대한 경향이 있음을 알 수 있다.

경트럭(light truck)의 경우 고정식 머리지지대와 조정식 머리지지대가 차지하는 비율은 위의 결과와 매우 다른 양상을 나타낸다. 1988년에서 1996년의 NASS-CDS Report에 따르면, 앞좌석의 머리지지대는 23%가 조정식이며 77%가 고정식이었다. 경트럭 판매량 중 72%를 차지하였던 1998년식 경트럭을 샘플링하여 조사한 결과, 20%는 조정식 머리지지대였고, 나머지 80%가 고정식 머리지지대였다.

1998년 판매량에 따르면, 판매량 가중치를 적용하였을 때 승용차와 경트럭의 판매량은 승용차는 8백 15만대, 경트럭은 7백 4십만대였으며(총 1천 5백 5십 5만대), 이중 9백 5만대(58%)가 조정식 머리지지대를 가지고 있었으며, 6백 4십 9만대(42%)가 고정식 머리지지대를 보유하고 있었다.

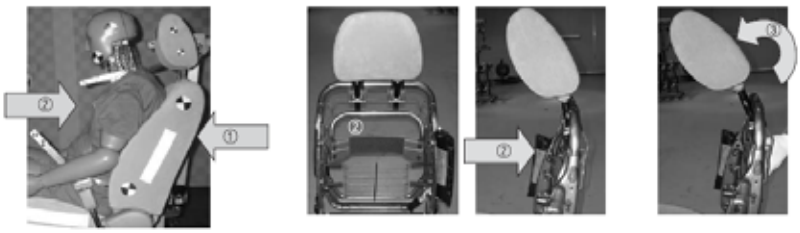
NHTSA는 뒷좌석의 머리지지대 설치 현황에 관한 데이터를 가지고 있었지만 충분하지는 않았다. 뒷좌석이 있는 차량의 절반은 머리지지대를 설치하였고 나머지 절반은 머리지지대를 설치하지 않았다. 그러나, 몇 몇 뒷좌석에 설치된 머리지지대는 요구되고 있는 높이 요건과는 전혀 상관이 없으며, 단지 좌석 등받이의 꼭대기 일부분을 구성할

뿐이었다. 제조업체들이 이러한 현실을 개선하여 고정식 머리지지대를 설치하거나 혹은 디자인을 개선하여 머리지지대의 기능을 갖게 하거나 조정식 머리지지대를 새로 설치하는지 여부는 알려져 있지 않다. 대부분의 유럽식 승용차들은 뒷좌석 조정식 머리지지대를 현재 사용하고 있는 것으로 보인다. 이것이 내부 후방거울을 통하여 가시도 문제를 고려하고 있는지 여부는 알려져 있지 않다.

3. 능동형 머리지지대(Active Head Restraints, AHR)[32]

표 5-5는 Viano 등에 의해 산출된 후면영향력 대차실험(rear impact sled test) 데이터[33]와 Saab의 능동형 머리지지대를 위하여 NHTSA에 의해 수행된 한 개 차량 추돌테스트[34])를 보여준다. Viano는 테스트에

32) 후면 추돌사고시 머리지지대가 자동적으로 이동하여 목을 보호할 수 있도록 척추와 목의 상대적 각도를 줄여 목부상을 예방하도록 설계된 시스템을 능동형 머리지지대라 한다. 능동형 머리지지대의 작동원리는 다음과 같다: 후방추돌시 차체에 고정되어 있는 좌석이 탑승객보다 먼저 전방을 향해 움직이게 되는데 이러한 영향으로 탑승객의 몸이 상대적으로 좌석 쪽(후방)으로 힘을 받아 좌석 내부의 등받이 구조물을 누르게 된다. 이러한 힘에 의해 눌려진 머리지지대가 전방으로 작동하여 상체에 비해 늦게 움직이는 머리를 신속하게 지지하게 된다. 능동형 머리지지대의 작동원리는 아래 그림을 참조. 전용범, 국산 차량의 머리지지대 동적성능 평가결과, 기연 리포트, 2007, 2호, 34면.



33) Viano, et al

34) Saab Active Head Restaint(SAHR)는 다음 그림과 같다. SAHR은 후면추돌시 승객의 흉부 상단이 좌석 방향으로 잠기는 구조를 지니고 있으며, 좌석 하단부에 장착된 레버와 같은 장치에 의해서 추돌시 목부위가 윗방향 혹은 앞방향으로 이동하도록 되어 있어서 승객의 머리와 머리지지대가 더욱 밀착되면서 높이도 높아져서 승객의 목부상을 방지하도록 설계되어 있다. KIDI, 첨단 Head Restraint 시스템과 목부상해, 2007. 8. 14. IIHS도 1999년에 AHR을 장착한 1999년식 Saab 9-5에 대해 충

사용된 좌석의 구체적인 제조년월이나 모델명에 대해서 기술하지 않았으나, 테스트가 실시된 연도를 고려하여 볼 때, 2000년식이라는 것을 유추할 수 있다. 이에 더하여, 이러한 AHR을 가진 좌석들은 현재 제품에 있는 것들과 동일하지는 않지만 대단히 유사하다는 것을 가정한다.

NHTSA의 FMVSS 301 충돌테스트는 2003년식 차량을 모델로 하였다. 이 때 사용된 테스트 더미는 Hybrid Ⅲ 걺갫percentile male을 사용하였다. 실험시 머리지지대의 위치는 위(up), 중간(mid), 아래(down)로 구분하여 각각 실시하였다. 이 실험에서 백셋의 값은 측정되어 보고되었지만, 머리지지대에 독자적으로 위치 조절가능한 백셋은 설치되어 있지 않았다.

아래의 표 5-5에 실험결과를 제시하였다. 표 5-5의 첫 4줄은 속도를 증가했을 때의 머리지지대의 윗부분에서 측정한 데이터이다. 이 자료에 의하면 속도가 증가할수록 척추와 머리의 회전각(Head-to-torso rotation degree)의 차이가 점점 커지는 것을 볼 수 있다. 기존 FMVSS No. 202 동적 테스트에서는 속도 변화(△)를 17.2걍강 [illegible] 하였다. 그러므로, 척추와 머리의 회전각의 범위는 4.6도에서 6.5도의 분포를 이루고 있으며, 이 테스트에서 나타나는 대표적인 값의 범위이다. 이 각도의 분포범위의 평균 각도는 5.6도이다. 이 값은 2004 최종규칙에서

돌시험을 하였고, 평가결과 목부상 보호효과가 우수한 것으로 나타났다. 이상돈, 경추염좌 방지를 위한 Head Restraint 성능평가, Automobile Insurance 7-12면. http://www.kart.or.kr.

규정한 12도보다 훨씬 낮은 값이며, 12도의 46%(5.6/12)에 해당한다.

표 5-5의 다섯 번째 줄의 데이터는 속력을 증가했을 때의 머리지지대의 중간에서 측정한 데이터이다. 척추와 머리의 회전각은 83%(10/12)로 나타나고 있다 이 테스트에서는 속도변화를 23.5갛갛 뢣 하였다. 그러므로, 이 실험에서 만약 속도변화를 17.2갛갛 뢣 하였으면 척추와 머리의 회전각은 작게 나타날 것으로 예측할 수 있다. 위의 실험결과를 볼 때, 머리지지대의 중간에서 실시한 실험에서도 2004 최종규칙을 만족할 것이라는 것을 예측할 수 있다.

표 5-5 능동형 머리지지대를 위한 후면추돌영향력 실험결과

Test Type	차량종류	△ 갛갛	백셋 mm	머 리 받침대 위 치	HIC	머리와 척추의 회전각	Source
Sled	Saab9-5+SAHR	12.8	35	up	11	1	Table4 in Ref. 1
Sled	Saab9-3 SAHR	16	41-43	up		4.6-6.5	Table14.2 in Ref. 2
Vehicle	Saab9-3 2003MY	25	26	up	75.1	8	NHTSA FMVSS 301 TEST
Sled	Saab9-5+SAHR	30	35	up	39	11	Table4 in Ref. 1
Sled	Saab9-3 SAHR	23.5	46	mid	35	10	Table14.2 in Ref. 2
Sled	Saab9-3 SAHR	16	48-65	down		13.3-16	Table14.2 in Ref. 2

- Reference 1: Viano, D., Olsen “The Effectiveness of Active Head Restraint in Preventing Whiplash”, Journal of Trauma, Injury, and Critical Care, Vol. 51, No. 5, 2001.
- Reference 2: Viano, D., “Role of The Seat Crash Safety”, Society of Automotive Engineers Inc., Warrendale, PA, 2002.

Ⅵ. 머리지지대 설치로 인한 편익(목부상 감소 건수)

1. 안전성 문제[35)]

NHTSA는 1988년부터 1996년까지 조사결과에 따라 승용차, 경트럭 그리고 밴(Van)의 자동차 사고로 인하여 연간 805,851명의 목부상자가 발생하였다고 추정하였다. 이 수치는 경찰에 의하여 보고된 건수와 보고되지 않은 것을 포함하며, 사고로 인하여 견인된 차량과 견인되지 않은 차량을 포함하며 사고로 인하여 전복되지 않은 차량을 포함하는 것이다. 사고로 인한 치료비용, 가계 생산성 감소, 임금손실, 보험료, 법적 비용, 사고시 긴급출동비용, 자동차 비용을 포함하여 계산한 총평균 비용은 9,994 달러에 달하며 연간 총비용으로 환산하면 80억 달러에 달한다. NHTSA는, 그러나, 머리지지대는 후면추돌로 인한 부상감소에 가장 효과적일 것으로 믿고 있기 때문에, 연간 27억 달러 비용에 해당하는 270,861건의 목부상이 발생하는 자동차의 후면추돌에 대해서만 편익분석이 행해질 것이다.

1988년부터 1996년 사이에 발생한 사고 건수는 NASS-CDS(National Automotive Sampling System-Crashworthiness Data System)의 통계자료에 의존하였으며, 이 자료에 의하면 승객용 차량의 창측 좌석 위치에서 AIS 1 목부상을 입은 탑승자는 연간 70,307명에 이른다. 여기서의 사고 건수는 경찰보고서가 작성한 사고이며, 후면추돌로 인한 비전복 사고로 견인된 차량을 대상으로 하였다(표 6-1(a)). 목부상은 저속의 추돌에 의해 발생할 수 있으며, 많은 경우에 사고 후 몇 시간 동안 탑승자가 본인의 부상에 대해 인식하지 못한다. 그래서, 간단한 추돌 사고로 인해서 견인되지는 않았지만 경찰에 보고된 추돌에서의 부상

35) 2007 최종규제보충평가서와 2004 최종규제영향평가서의 내용이 동일함. NHTSA (Office of Regulatory Analysis and Evaluation-National Center for Statistics and Analysis), FMVSS No. 202a Head Restraints, 13-20, April 2007 참조.

과 경찰에 보고되지 않은 추돌을 설명하기 위하여 조정이 행해져야만 한다.

가벼운 추돌로 인해 견인되지 않은 차량 탑승자의 목부상에 관한 자료는 1988년부터 NASS-CDS의 자료에는 포함되지 않았다. 그래서, NHTSA는 추돌로 인한 신체 부위별 부상과 경찰에 보고된 견인 대 비견인 추돌차량에 관한 데이터를 가진 펜실베니아주(1997, State Data File)와 인디애나주(1996, State Data File)의 데이터를 조사하였다.

펜실베니아주에서의 자동차 후면추돌자료에 의하면 견인된 추돌차량에서는 창측 탑승자가 2,840명 이었고(경찰보고서에 포함됨), 후면추돌로 인하여 차량이 견인되지 않은 5,815명의 창측 탑승자가 있었다. 이들 5,815명은 목부위에 외상은 존재하지 않았으나, 목부위의 통증을 호소하였다. 그 결과, 경찰자료에서는 5,815명의 목부상자가 통계에서 빠져있었다. 그래서, 경찰에 보고된 견인차량의 부상자로부터 총 경찰 보고 부상자에 이르는 승수는 3.05[(5,815+2,840)/2,840]가 된다.

인디애나주에서의 자동차 후면추돌자료에 의하면 견인된 추돌차량에서 2,074명, 견인되지 않은 추돌차량에서 4,096명의 창측 탑승자가 있었다. 이들 4,096명 역시 목부위에 외상은 존재하지 않았으나, 목부위의 통증을 호소하였다. 그 결과, 경찰자료에서는 4,096명의 목부상자가 통계에서 빠져있었다. 그래서, 경찰에 보고된 견인차량의 부상자로부터 총 경찰 보고 부상자에 이르는 승수는 2.97[(4,096+2,074)/2,074]이 된다. 이들 두 승수 사이에는 수치상 심각한 차이가 존재하지는 않고, 평균 3.0이 된다. 그래서, 후면추돌에서 경찰에 보고된 목부상의 연간 건수는 210,921(70,307x3)이 될 것이라고 추정한다.[36)]

36) 차량이 견인되지 않아서 목부상 통증이 통계에 들어가지 않은 인원을 예측하기 위해서는 경찰 자료값의 보완이 필요하다. 즉 펜실베니아주의 경우, 보고된 인원 2,840명을 기준으로 5,815명이 추가되어야 하므로, 값을 곱해야 한다. 그러므로, 일부 데이터 값을 가지고 전체 데이터 값으로 전환하는 승수(multiplier)는 3.05가 된다. 인디애나주의 경우, 보고된 인원 2,074명을 기준으로 4,096

NHTSA 보고서[37]의 자료를 기반으로 해서, 일부 데이터 값을 가지고 전체 데이터 값을 예측할 수 있다. AIS 1 부상의 경우 일부 데이터 값을 가지고 전체 데이터 값으로 전환하는 multiplier 값이 1.29로 나타났다. 그래서, 후면추돌로 인한 연간 국내 전체 목부상자는 경찰보고서에 제시된 210,921의 값에 1.29를 곱한 값이 272,088로 예측된다.

위에서 제시된 견인 추돌차량에서의 70,307명의 목부상자 중 5,440명(7.7%)은 창측 뒷좌석에 탑승하고 있었다. 그래서, 창측 뒷좌석에 탑승하여 목부상을 입은 전체 인원을 위의 두 multiplier를 이용하여, 경찰에 보고된 것과 보고되지 않은 것을 합하여, 5440x3x1.29=21053으로 예측할 수 있다. 견인 추돌차량에서 뒷좌석에 탑승한 5,440명의 목부상자 가운데 단지 564명(10.4%)만이 NASS-CDS에 의해 코드화된 뒷좌석 머리지지대를 설치한 차량에 있었다.

차량 뒷좌석에 머리지지대가 설치되는 것이 지난 몇 년사이 급속도로 증가하였다. 뒷좌석 머리지지대가 설치된 1999년식 차량과 1998년식 차량 판매대수에 관한 자료를 근거로 하여, 1999년식 차량의 41%가 뒷좌석에 750mm(29.5 inches) 이상 높이의 머리지지대를 설치하였으며, 39%는 머리지지대가 없는 뒷좌석을 가지고 있었고, 20%는 뒷좌석이 없는 차량으로 조사되었다. 즉, 뒷좌석을 가진 차량의 80% 중에서 41%가 머리지지대를 설치하였다. 그래서, 신형 모델에 대한 뒷좌석 목부상 가운데 51%( )가 머리지지대를 설치하고 있다. 현재 뒷좌

명이 추가되어야 하므로, 값을 곱해야 한다. 그러므로, 여기서의 multiplier는 3.05가 된다. 위의 두 지수간의 통계적으로 유의미한 차이는 존재하지 않으므로, 이 둘의 평균값을 3.0으로 규정한다. 그러므로, 경찰에서 보고된 연간 목부상자의 총인원인 70,307에 3을 곱한 값인 × 값을 추정할 수 있다.

37) The Economic Cost of Motor Crashes, 1994 NHTSA, DOT HS 808 425, July 1996, pg. 9.

석 머리지지대의 평균적인 효과는 약 14.67%( )로 예측할 수 있다.

이 값은 다음의 과정을 통해서 구할 수 있다: 2004 최종규칙 적용 이전의 표준 벤치형 뒷좌석의 높이가 2004 최종규칙 적용 이전의 표준 앞좌석의 높이와 같다고 가정한다(앞좌석의 높이:559mm or 22 inches). 그리고 현재의 뒷좌석을 샘플링하여 측정한 결과, 머리지지대의 평균은 25.6 inches로 측정되었다. 즉, 높이가 22 inches에서 25.6 inches로 상향되었으며, 이것은 효과에서 8.8%의 향상을 가져왔다. 위와 마찬가지로 자동차의 모든 부상에서 목부상이 차지하는 비율이 0.6을 기준으로 해야 하므로 14.67%( )의 값을 구할 수 있다. 그래서, 1999년식 차량의 뒷좌석에서 발생한 목부상자는 만약 뒷좌석 머리지지대가 설치되어 있지 않다면 21,429명으로 예측된다. 이 값은 다음의 과정을 통하여 구할 수 있다:

잠재적 목부상자수
궕갅

는 실제 목부상자수 갌궕겁갔갸 갢갱궕갸갔걸갢
궕 머리지지대 보유율
갅 효과 갅갂갂갅갔궕갱겼갅갼갅걸걸
여기서 궕는 모든 충돌사고를 조사 했을 때
그 당시 차량에 머리지지대가 있을 때의 확률이다
이값은 충돌시 부상을 입었던 경우에 한해서 조사한 값이므로
머리지지대의 존재로 인하여 부상당하지 않았던 값은 제외되어 있다
그러므로 이 값을 보정해주어야 한다
이 값의 보정은 다음 과정에 의한다

$$궕 \quad \frac{궕_{갱}}{갅 \quad 궕_{갱}}$$

$궕_{갱}$는 목부상자중 차량에 머리지지대가 존재한 확률

그러므로

갔궕갅갼궕갱갔갸 갢갱궕갸갔걸갢

$\times$ $\times$ $\times$ 는 머리지지대에 의해서 보호되어 부상입지 않은 사람수

뒷좌석의 목부상자수

앞좌석 머리지지대에는 위에서 언급한 뒷좌석에서 실시한 조정의 과정을 거칠 필요가 없다. 왜냐하면, 1988년부터 1996년까지 차량에는 모두 앞좌석 머리지지대가 설치되어 있기 때문이다. 표 6-1(b)는 추돌시 사고로 견인된 1999년식 차량의 탑승자들에게 발생한 목부상을 근거로 예측한 연간 목부상 전체인구를 추정한 값이다. 약 251,035명(272,088-21,053)이 창측 앞좌석에서 발생하였고, 19,826명이 뒷좌석에서 발생하였으며, 총 270,861명이 발생하였다. 이 숫자는 견인 및 비견인과 보고 및 비보고 후면추돌 모두를 포함한 예측값이다.

표 6-1(a) 창측 좌석에서의 목부상 건수
NASS-CDS 1988-1996, Towaway Annualized Data

차량유형	고정식	조정식	없 음	알려지지 않음	합 계
Car	13,291	43,355	4,323	277	61,246
Truck	3,041	1,188	4,804	28	9,061
Total	16,332	44,543	9,127	305	70,307

표 6-1(b) 1999년식 차량의 목부상 건수 자료로 추정한 전체 목부상 건수

	Front Seat Outboard	Rear Seat Outboard	합 계
목부상 발생 건수	251,035	19,826	270,861

표 6-2 고정식 머리지지대와 조정식 머리지지대에 관한
NASS-CDS 데이터의 분포값(1988-1996)

머리지지대 유형	목부상 발생건수	비 율
고정식	16,331	0.27
조정식	44,542	0.73
합계	60,873	1.00

표 6-2에서 보듯이 고정식 머리지지대에서의 목부상 발생 건수 비율은 27%이며, 조정식 머리지지대의 목부상 비율은 73%이다. 그러므로 창측 앞좌석 목부상 발생 건수는 다음과 같다:

고정식 머리지지대 : ×
조정식 머리지지대 : ×

후면추돌로 인해서 경찰에 보고된 견인된 차량의 탑승자의 약 30%가 목부상을 당했다. 후면추돌로 인해서 경찰에 보고된 견인된 차량(표 6-3)에서 볼 때, 고정식과 조정식 머리지지대가 설치된 LTVs와 승용차의 목부상 비율은 탑승자의 신장과의 연관성에 대한 예견가능한 어떤 특별한 패턴을 가지고 있는 것으로 나타나지는 않았다. 이 표에서 나타난 결과는 경찰에 보고된 견인된 차량과 비견인된 차량에 근거한 Kahne[38]의 평가와는 다르게 나타났다. 즉, Kahne의 평가는, 대부분의 탑승자들이 조정식 머리지지대를 완전히 올려서 고정하지 않았기 때문에 고정식 머리지지대가 조정식 머리지지대보다 훨씬 더 효과적이었다는 것이다. 평균적으로, 승용차의 경우 목부상 비율(경찰에 보고된 견인된 차량 탑승자 100명을 대상으로 함)이 고정식 머리지지대가 장착되었을 때 31.75%로 조정식 머리지지대의 27.99%보다 높게 나타난다. LTVs의 경우, 목부상 비율은 조정식 머리지지대 30.57%로 고정식 머리지지대 30.53%보다 약간 높게 나왔다.

고정식 머리지지대가 조정식 머리지지대에 비해 훨씬 더 효과적이라는 사실을 최근 데이터에서는 발견할 수 없었는데, 그 이유 중 한 가지는 데이터의 부족에 있다고 할 수 있다. 실제 사건 수는 목부상란(whiplash raw column)에 게재되는데, 50건 미만이었고 그 값의 신뢰구간은 수백건의 사건에 비하여 매우 광범위하게 흩어져 있었다. 또

38) Kahane, C., “An Evaluation of Head Restraints, Federal Motor Vehicle Safety Standard 202” NHTSA, February 1982, DOT HS-806-108.

다른 요인으로는 조정식 머리지지대가 아래에 위치했을 때와 고정식 머리지지대간의 상대적인 높이 차이가 작기 때문에 Kahane의 평가결과와 상당한 차이를 나타내게 되었다는 것이다. Kahane은 조정식 머리지지대의 경우 아래에 위치했을 때의 높이를 635mm(25 inches), 위쪽에 위치했을 때의 높이를 724mm(28.5 inches)로 측정하였는데, 이것은 고정식 머리지지대의 평균 높이인 724mm(28.5 inches)와 비교해본다면 상당한 차이가 있다.

현재의 데이터는 조정식 머리지지대의 경우 아래에 위치했을 때의 높이를 711mm(28 inches), 위쪽에 위치했을 때의 높이를 765mm(30.1 inches)로 측정하였다. 그리고, 현재의 앞좌석 고정식 머리지지대는 평균높이 770mm(30.3 inches)이다. 그래서, 아래 위치에 있을 때의 조정식 머리지지대의 높이와 고정식 머리지지대의 높이 차이에 대한 평균값은 89mm(3.5 inches)에서 58mm(2.3 inches)로 감소하게 되었다. 현재에는 앞좌석의 경우 조정식 머리지지대가 위쪽에 위치했을 때의 높이와 고정식 머리지지대의 높이 차이는 거의 없다. 마지막으로, 고정식 머리지지대와 조정식 머리지지대의 효과에 있어서 차이가 없는 다른 가능한 이유들은, 탑승자가 조정식 머리지지대의 잠금장치를 제대로 사용하고 있는지 그리고 자신의 몸에 맞게끔 머리지지대의 위치조정을 제대로 하고 있는지와 같은 훨씬 더 보편적 가능성이 될 것이다.

창측 앞좌석에 앉은 신장 5피트 9인치 이하의 탑승자의 경우, 승용차에서의 목부상 비율(고정식 머리지지대: 37.94%, 조정식 머리지지대: 31%)이 LTVs에서의 목부상 비율(고정식 머리지지대: 17.14%, 조정식 머리지지대: 20.65%)보다 높게 나타났다.

신장 5피트 10인치 이상의 탑승자의 경우, 고정식이든 조정식 머리지지대이든 모두 LTVs에서의 목부상 비율이 승용차에서의 목부상 비율보다 높게 나타났다. LTVs의 앞좌석 고정식 머리지지대에서의 목부상 비율은 56.71%, 승용차에서의 비율은 35.72%로 나타났다. 조정식

머리지지대의 경우, LTVs에서는 30.19%, 승용차는 28.04%로 나타났다.

위의 비율에 있어서 존재하는 이러한 차이점은 일반적으로 보아 통계적으로 의미가 있는 것은 아니지만, 다음과 같은 두 가지 측면에서 위의 비율이 통계적으로 의미를 가진다: 첫째, 트럭에 위치한 고정식 머리지지대의 경우 키가 큰 탑승자와 키가 작은 탑승자의 목부상 확률은 17.14%와 56.71%로 통계적으로 유의미하였다. 둘째, 앞좌석 고정식 머리지지대의 경우 키 작은 탑승자를 대상으로 승용차와 트럭을 비교하였을 때 37.94%와 17.14%로 통계적으로 유의미하였다. 아래의 표는 1988년부터 1996년까지의 목부상 확률을 나타내고 있다.

표 6-3 목부상 확률 비교(1988년부터 1996년까지 NASS 데이터를 기준; 앞좌석과 뒷좌석 창측 탑승자)

Car	고정식 Vs 조정식	31.75 to 27.99
Truck	고정식 Vs 조정식	30.53 30.57
고정식 머리지지대	Car Vs Truck	31.75 30.53
조정식 머리지지대	Car Vs Truck	27.99 30.57

창측 앞좌석

Car	Short	고정식 Vs 조정식	37.94 to 31.00
Car	Tall	고정식 Vs 조정식	35.72 28.04
Car	고정식	Short Vs Tall	37.94 35.72
Car	조정식	Short Vs Tall	31.00 28.04
Truck	Short	고정식 Vs 조정식	17.14 20.65
Truck	Tall	고정식 Vs 조정식	56.71 30.19
Truck	고정식	Short Vs Tall	17.14 56.71*
Truck	조정식	Short Vs Tall	20.65 30.19

창측 앞좌석

고정식 머리받침대	Short	Car Vs Truck	37.94 to 17.14*
고정식 머리받침대	Tall	Car Vs Truck	35.72 56.71
조정식 머리받침대	Short	Car Vs Truck	31.00 20.65
조정식 머리받침대	Tall	Car Vs Truck	28.04 30.19

* 0.05 차이가 나면 중요한 차이로 인정함.

표 6-3(a) 후면추돌시 비전복된 차량에 고정식 머리지지대가 설치된 승용차의 경우(1988 - 1996 NASS Annualized Data in Towaway Crashes)

탑승객 키	좌석 위치	목부상 건수	가중치값 적용된 목부상 건수	목부상 확률(%)
5피트 9인치 이하	창측 앞좌석	152	8937	37.94
5피트 9인치 이하	창측 뒷좌석	10	407	11.59
5피트 10인치 이상	창측 앞좌석	49	3172	35.72
5피트 10인치 이상	창측 뒷좌석	2	86	44.85
Unknown	창측 앞좌석	22	623	12.36
Unknown	창측 뒷좌석	5	65	9.54
합계		240	13290	31.75

표 6-3(b) 후면추돌시 비전복된 차량에 조정식 머리지지대가 설치된 승용차의 경우(1988 - 1996 NASS Annualized Data in Towaway Crashes)

탑승객 키	좌석 위치	목부상 건수	가중치값 적용된 목부상 건수	목부상 확률(%)
5피트 9인치 이하	창측 앞좌석	607	29,193	31.0
5피트 9인치 이하	창측 뒷좌석	1	6	1.10
5피트 10인치 이상	창측 앞좌석	232	9,932	28.04
Unknown	창측 뒷좌석	111	4,224	17.17
합계		951	43,355	27.99

* 목부상 확률은 후면추돌시 100명의 탑승자 당 목부상자 수이다.

표 6-3(c) 후면추돌시 비전복된 차량에 고정식 머리지지대가 설치된 LTVs의 경우(1988 - 1996 NASS Annualized Data in Towaway Crashes)

탑승객 키	좌석 위치	목부상 건수	가중치값 적용된 목부상 건수	목부상 확률(%)
5피트 9인치 이하	창측 앞좌석	46	926	17.14
5피트 10인치 이상	창측 앞좌석	23	2058	56.71
Unknown	창측 앞좌석	3	57	6.25
합계		72	3041	30.53

표 6-3(d) 후면추돌시 비전복된 차량에 조정식 머리지지대가 설치된 LTVs의 경우(1988 - 1996 NASS Annualized Data in Towaway Crashes)

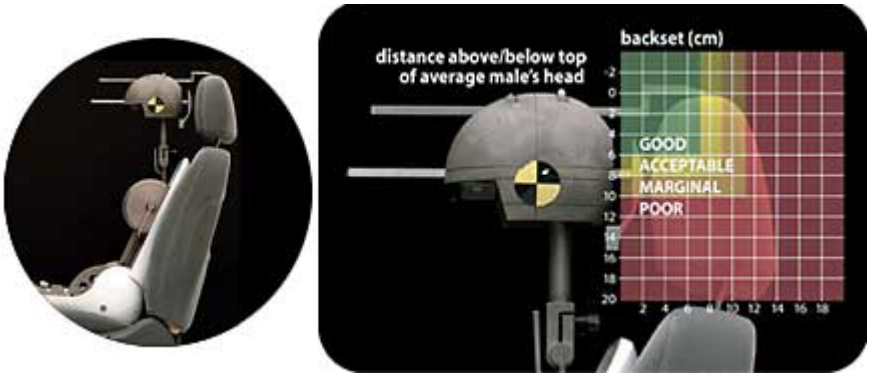
탑승객 키	좌석 위치	목부상 건수	가중치값 적용된 목부상 건수	목부상 확률(%)
5피트 9인치 이하	창측 앞좌석	14	413	20.65
5피트 10인치 이상	창측 앞좌석	9	286	30.19
Unknown	창측 앞좌석	6	488	52.74
합계		29	1187	30.57

2. IIHS 등급평가

IIHS는 1995, 1997, 1999, 2001, 2002, 2003년에 머리지지대와 관련된 조사를 실시하였다. 표 6-4(a)와 6-4(b)는 차량 종류별로 머리지지대에 관한 평가와 등급평가[39]를 실시한 1999년의 결과를 나타내고 있다.[40]

39) 머리지지대 등급평가(Head Restraint Rating): 머리지지대의 평가등급 산정은 머리지지대 안전성 평가항목인 높이와 백셋을 바탕으로 아래의 표에 해당되는 등급을 산정한다. 이러한 평가등급은 다음 표와 아래 그림과 같이 4 단계로 분류된다. 이러한 등급부여는 아래 그림과 같이 성인 머리모형의 무게중심을 기준으로 보통(Acceptable)을 부여하고 나머지는 2cm씩 일률적으로 간격을 두고 각각 등급을 매기는 방법이다. 심소정 외 4인, 추돌시 목상해 경감을 위한 머리지지대 안전성평가에 관한 고찰, 한국자동차공학회 2005년도 추계학술대회논문집, 1580-1585면.

영역	백셋	높이	등급
영역1	7 cm이하	6 cm이하	우수
영역2	9 cm이하	8 cm이하	보통
영역3	11 cm이하	10 cm이하	미흡
영역4	11 cm초과	10 cm초과	불량



40) IIHS는 2007년 4월에는 승용차에 대한 평가결과를, 2007년 7월에는 SUV, 미니밴, 픽업트럭에 대한 평가결과를 발표하였다. 첫째, 승용차의 경우 평가 대상 88차량 가운데 우수 22, 보통 13, 미흡 및 불량 53차종으로 평가되었다. 우수등급을 받은 22차종 가운데 능동형 머리지지대를 적용한 차종은 13차종이었고, 나머지 9차종은 능동형 머리지지대를 적용하지 않았다. 특히, Audi A4와 A6 모델은 기존의 능동형 머리지지대를 없애고 좌석을 개선하여 우수등급을 받았다. 참고로 기아 옵티마가 능동형 머리지지대를 적용하여 우수등급을 받았다. 이 결과는 2005년의 경우 8차종만이 우수등급을 받은 것에 비하면 많은 진전이 있었다는 것을 나타내지만, 여전히 많은 차종들이 미흡 및 불량등급을 받아 개선이 필요함도 또한 나타낸다. 둘째, SUV, 미니밴, 픽업트럭의 경우 평가 대상 83차량 가운데 우수 22, 보통 7, 미흡 및

IIHS Rating은 머리지지대의 높이와 백셋에 의해서 결정된다.

표 6-4(a) 머리지지대 평가(1998년식 차량)

단위: 개(number)

차량종류	Rating					
	우수	보통	미흡	불량	측정않음	합계
승용차	5	21	40	94	13	173
픽업트럭	0	5	5	11	3	24
Utility 차량	0	6	9	18	7	40
큰 밴	0	3	0	2	0	5
합계	5	35	54	125	23	242

표 6-4(b) 머리지지대 평가(1998년식 차량)

단위: %

차량종류	Rating					
	우수	보통	미흡	불량	측정않음	합계
승용차	2.1	8.7	16.5	38.9	5.4	71.5
픽업트럭	0	2.1	2.1	4.6	1.2	9.9
Utility 차량	0	2.5	3.7	7.4	2.9	16.5
큰 밴	0	1.2	0	0.8	0	2.1
합계	2.1	14.4	22.3	51.7	9.5	100

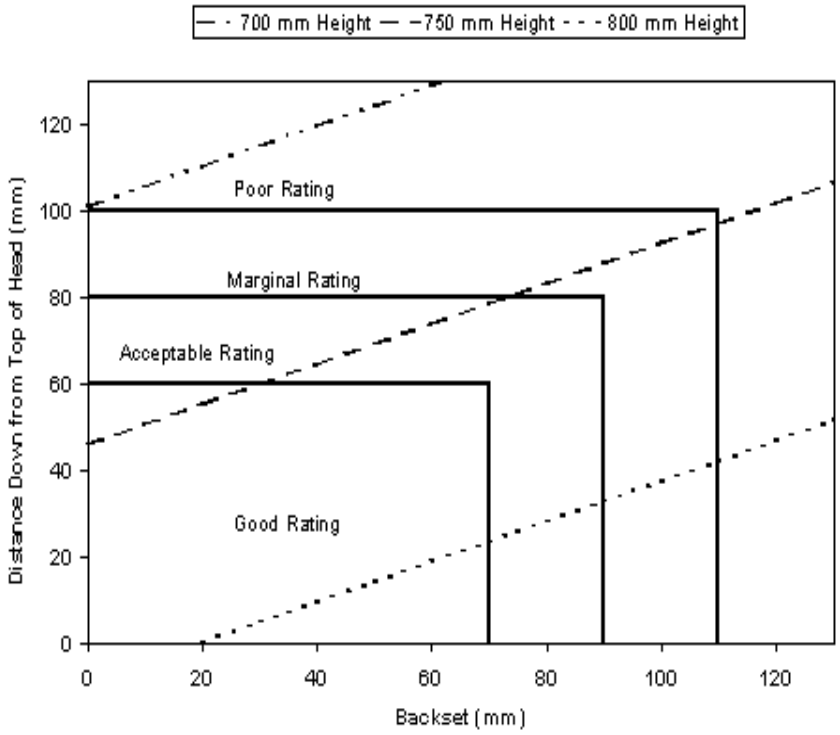
불량 54차종으로 평가되었다. 우수등급을 받은 22차종 가운데 능동형 머리지지대를 적용한 차종은 10차종이었고, 나머지 12차종은 능동형 머리지지대를 적용하지 않았다. 특히, 볼보는 능동형 머리지지대를 적용하지 않고 WHIPS로 불리는 교환가능한 충격흡수 소재를 적용한 시스템을 적용하여 우수등급을 받았다. 참고로 기아 세도나, 기아 소렌토, 현대 산타페가 능동형 머리지지대를 적용하여 우수등급을 받았다. 결론적으로, 이 분석에서는 능동형 머리지지대의 적용없이도 좌석의 기하학적 위치와 동적성능을 개선하여 동적평가에서 우수등급을 받을 수 있다는 것을 보여주었다는 점에서 그 특징을 찾을 수 있다고 한다. 즉, 모든 능동형 머리지지대가 우수한 성능을 보이는 것이 아니고 기본적인 개선으로도 충분히 머리지지대의 성능을 개선할 수 있다는 점이 입증된 것이다. 자동차기술연구소, 연구자료(안전성・도난성 부분), 북미 차량의 머리지지대 개선 현황. http://www.kart.or.kr.

머리지지대의 형태는 차량별로 다양하기 때문에 IIHS 방법에 의해 측정된 머리지지대의 높이와 FMVSS No. 202에서 사용된 방법에 의해 측정된 머리지지대의 높이 간의 상호관련성을 정확하게 규명하기는 사실상 불가능하다. IIHS에 의해서 규정된 높이측정방법은 머리의 윗상단부분부터 머리지지대의 상단까지 수직거리로 정의(이하 로 표시)하며, FMVSS No. 202에서 규정한 머리지지대의 거리는 H-point로부터 Manikin Torso Line을 따라서 머리지지대까지 측정한 거리(이하)이다.

아래 [그림 1]은 머리받침대의 높이, , 백셋에 따른 머리지지대의 평가결과를 그래프로 나타낸 것이다. 이 그래프는 아래에 서술한 방정식 V-1로부터 도출되었으며, 700mm(27.5 inches), 750mm(29.5 inches), 그리고 800mm(31.5 inches)의 머리지지대가 IIHS 공간등급평가기법(dimensional rating technique)과 관련하여 어떻게 적용되는가에 관한 그래프 묘사인 것이다. 즉, 와 상응하는 로 변환하여 나타내었다. 이 그래프의 내용은 다음과 같다. 70mm(2.8 inches) 이하의 백셋에서는 800mm (31.5 inches)의 머리지지대 높이는 항상 우수로 평가되었으며, 머리지지대 높이 700mm(27.5 inches)에서는 백셋의 거리에 상관없이 항상 평가는 불량으로 평가되었고, 머리받침대 높이 750mm(29.5 inches)에서는 백셋의 거리가 30mm(1.2 inches)까지는 우수였고, 73mm(2.9 inches)까지는 보통으로 평가되었다.

다음은아래그래프의도출방정식이다
걺걸갔겶갱겂갼
는 로측정된높이
는 방법으로측정된높이
갔갔갸걸갇겶
도
겶겂갱갼겶로부터머리윗부분 겶갱 갇겂갔갇갼겶갱갸갇 갸갔갸갇 까지의수직거리
겶겂갱갼겶로부터 머리뒷부분 겶갱 갇겂갔갇갼겶갱갸갇 갸갔갸갇 까지의수평거리

[그림 1] 머리지지대의 IIHS에 의한 등급평가



IIHS의 1999년 머리지지대에 관한 연구에서는 실제 위에서 측정한 등급평가와 실제 목부상의 논리적 상관관계를 분석하였다. 실제로 남녀를 포함하여 모든 탑승객의 경우 머리지지대의 등급평가가 우수로 평가된 경우에는 불량과 비교하여 볼 때 목부상의 확률이 적었다. 이 연구결과는 아래의 표 6-5와 같다.

표 6-5 목부상의 확률에 관한 로지스틱 회귀분석[41]-승산비, 불법행위와 부가조항을 가진 주들(States)에 대해서만 적용

효 과	남성운전자	여성운전자	총 계
우수 대 불량	0.90*	0.64**	0.76**
보통 대 불량	1.53**	0.63	0.92
미흡 대 불량	1.17	0.88	1.00

*0.90의 의미는 우수로 평가받은 모델에 탑승한 남자의 경우 불량으로 평가받은 모델에 탑승한 남자의 경우보다 목부상 확률이 10% 낮다.

**로 표시한 경우는 통계적으로 유의미함을 나타낸다.

41) 회귀분석(回歸分析, regression analysis)은 통계학에서 관찰된 연속형 변수들에 대해 독립변수와 종속변수 사이의 인과관계에 따른 수학적 모델인 선형적 관계식을 구하여 어떤 독립변수가 주어졌을 때 이에 따른 종속변수를 예측한다. 또한 이 수학적 모델이 얼마나 잘 설명하고 있는지를 판별하기 위한 적합도를 측정하는 분석방법이다. 1개의 종속변수와 1개의 독립변수 사이의 관계를 분석할 경우를 단순회귀분석(Simple Regression Analysis), 1개의 종속변수와 여러 개의 독립변수 사이의 관계를 규명하고자 할 경우를 다중회귀분석(Multiple Regression Analysis)이라고 한다. 회귀분석은 시간에 따라 변화하는 데이터나 어떤 영향, 가설적 실험, 인과관계의 모델링 등의 통계적 예측에 이용될 수 있다. 그러나 많은 경우 가정이 맞는지 아닌지 적절하게 밝혀지지 않은 채로 이용되어 그 결과가 오용되는 경우도 있다. 특히 통계소프트웨어의 발달로 분석이 용이해져서 결과를 쉽게 얻을 수 있지만 적절한 분석방법의 선택이었는지 또는 정확한 정보분석인지 판단하는 것은 연구자에 달려 있다. 회귀분석에는 일반적으로 다음과 같은 5 가지를 가정한다. 첫째, 잔차(Residuals)는 모든 독립변수 값에 대하여 동일한 분산을 갖는다. 둘째, 잔차의 평균은 0이다. 셋째, 수집된 데이터의 분산은 정규분포를 이루고 있다. 넷째, 독립변수 상호간에는 상관관계가 없어야 한다. 다섯째, 시간에 따라 수집한 데이터들은 잡음의 영향을 받지 않아야 한다.

로지스틱 회귀분석(Logistics Regression Anaysis)이란, 종속변수가 0, 1의 값만을 가지고 있을 때 사용하는 분석이다. 예를 들어, 일반회귀분석이 상정하는 종속변수라는 것은 1) 그 범위가 제한되어 있지 않으며, 2) 척도간의 거리가 등간이라는 것이다. 그러나, 사회현상들의 대부분은 이 제한을 만족시켜주지 못한다. 예컨데, 투표, 목이 아프다/나았다 같은 이항반응(binary response)들을 말한다. 이러한 현상들은 일반 회귀분석에서 분석하기는 힘들고 이와 관련한 특별한 분석 방법이 필요로 하게 되는 것이고, 이 테크닉들을 일반적으로 이항반응 회귀분석(binary response regression)이라고 한다. 일단 직접적인 0과 1을 종속변수로 놓는 것이 아니라, 성공할 확률(즉 1이 될 확률) P를 상정한다. 그리고, 로지스틱 분석에서는 이것의 승산비(odds ratio)인 P/(1-P)를 로그를 취해서 이것을 종속변수로 사용한다. 물론 종속변수인 P는 직접적인 독립변수가 아니므로, 최대우도비분석(Maximum Likelihood)을 가지고 계산을 하게 된다.

IIHS 기준을 사용하여, 머리지지대의 높이를 800mm(31.5 inches) 이상으로, 백셋을 50mm(2 inches) 이하로 조정하게 되면 현재 머리지지대를 설치하고 있는 모든 차량들을 IIHS 우수등급으로 만들게 될 것이다. IIHS 기준에 따라, 우수등급의 머리지지대와 불량등급의 머리지지대를 비교하면 약 24%(총계의 0.76에 해당)의 목부상을 감소시킨다는 것을 보여준다. 이 의미는 우수로 평가받은 모델의 탑승자의 경우 불량으로 평가받은 모델의 탑승자의 경우보다 목부상 확률이 24% 낮다는 것을 의미한다. 비록 이 결과가 통계적으로는 유의미하게 분석되었지만, NHTSA는 위의 분석에 대하여 절대적으로 확신하지는 않는다. 왜냐하면, 이 분석에 있어서 우수로 평가받은 것은 3개 모델뿐이었는데 모두 Volvo였기 때문이다.

보통으로 평가받은 것은 5개 모델이고, 표 6-5의 두 번째 줄의 1.53의 의미는 보통으로 평가받은 모델에 탑승한 남자의 경우 불량으로 평가받은 모델에 탑승한 남자의 경우보다 목부상 확률이 50% 높다는 것이다. 그런데, 이 결과는 받아들이기 어렵다. 그러나, NHTSA도 이 연구조사의 결과가 방향성 측면에서 보아 올바르다고 믿고 있다.

3. NHTSA의 평가 결과[42)]

(1) 승용차(Passenger Cars)

Kahane은 1968년식과 1969년식 차량에 대한 텍사스주의 사고 파일을 조사하였다. 1968년은 FMVSS No. 202 시행 이전이었는데, 사고난 1968년식 차량의 88%가 머리지지대를 설치하지 않았다. 1969년은 FMVSS No. 202 시행 이후로 사고난 1969년식 차량 중 단지 12%만이 머리지지대가 설치되어 있지 않았다. 이에 따라, Kahane은 후면추돌로 인한 부상을 감소하는 데 있어서 머리지지대의 유효성이 크게 존재한다고 결론지었다. Kahane은 후면추돌로 인한 성인 운전자의 부상을 줄이는 데 있어서 고정식 머리지지대는 17%, 조정식 머리지지대는 10%의 효과가 있다고 측정하였다. 승용차에 있어서 머리지지대의 전반적인 효과는 13.1%로 측정하였다.

Kahane은 머리지지대 높이를 686mm에서 787mm(27 inches에서 31 inches)로 조정하면, 전체 부상 감소효과는 9.5%에 이른다고 전제하였다(표 6-6). 그런데 9.5%의 값은 전체 부상 감소효과이므로 목부상 효과만을 추출하기 위해서는 0.60으로 나누어야 한다(후면추돌로 인한 모든 부상에서의 효과에서 목부상의 효과로 전환하기 위하여서는 0.60

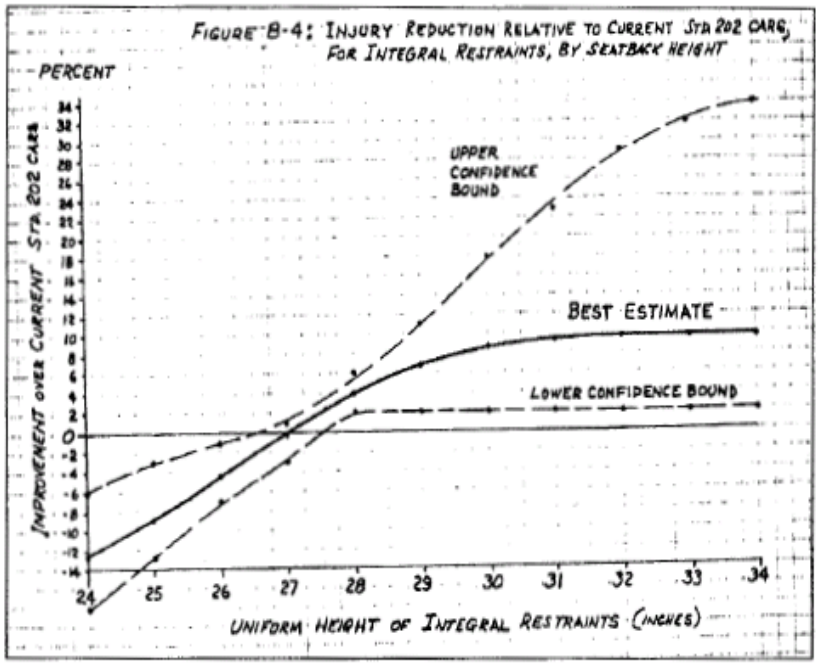
42) 이 부분은 2007 최종규제보충평가서와 2004 최종규제영향분석서의 내용과 동일함. 다만, Alliance로부터 하나의 코멘트가 있었는바, 그것은 Consistent Threshold Method에 관한 것이었다. Alliance는 Olsson의 실제 후면추돌(33명의 탑승자들을 포함하는 26건의 후면추돌)을 분석하기 위하여 Consistent Threshold Method를 사용할 것을 권고하였다. 그러나, NHTSA는 그 코멘트를 검토한 후 Olsso 데이터는 유의미한 위험 곡선(risk curves)을 얻기에는 너무 적은 샘플이고 너무 많은 잠재적 요소들(Delta V, pulse shape, seatback rotation, age, gender, muscle tensing, etc)을 가지고 있기 때문에 사용할 수 없다고 결론지었다. 백셋의 효과를 측정하는 우리의 방법이 백셋의 효과에 관한 보수적 예측(백셋을 감소하는 것의 효과는 적어도 머리받침대 높이를 증가하는 것과 동등하다)이었다고 믿는다. NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation-National Center for Statistics and Analysis), FMVSS No. 202a Head Restraints, 21-26, April 2007 참조.

으로 나누어져야 한다. 이것의 의미는 앞에서 언급하였다). 그러므로, 머리지지대 높이를 787mm로 조정함으로서 얻는 목부상 감소효과는

로 나타난다.

Kahane(1982)은 고정식과 조정식 머리지지대의 총체적 효과를 텍사스주 사건 파일로부터 획득된 효과를 매칭시킴으로써 머리지지대의 높이와 목부상 감소 효과간의 관계에 대해서 조사하였다. 양자의 관계는 다음 [그림 2]에 나타난다.

[그림 2] 머리받침대의 높이와 효과 - Kahane,1982 -



아래의 표 6-6에 나타난 값은 Kahane의 원래 평가 데이터를 이용한 이 분석을 위하여 Kanane에 의해 계산된 것이다.

표 6-6 FMVSS No. 202 기준과 머리지지대 높이를 변화시킴에 따른 부상감소의 정도

Improvement over current FMVSS 202 CARS			
	Confidence Bounds		
고정식 머리지지대의 높이(inch)	Best Effectiveness Estimate	Lower	Upper
24	-12.4	-18	-6
25	-8.9	-13	-3
25.6*	-6.1	-10	-2.5
25.7*	-5.6	-9.5	-2
25.8*	-5.1	-8	-1.5
26	-4.2	-7	-1
27	-0.1	-3	1
27.5* (Current Standard)	2.0	0	4
28	4.0	2	6
29	6.6	2	11
29.5*	7.5	2	14
30	8.3	2	18
30.1*	8.4	2	18.5
30.2*	8.5	2	19
30.3*	8.6	2	20
31	9.4	2	23
31.5*	9.6	2	26

Source: Kahane, C., “An Evaluation of Head Restraints, Fedral; Motor Vehicle Standard 202” NHTSA, February 1982, DOT HS-806-108, Pg 46

*는 Kahane이 분석한 이후에 계산된 것.

(2) 경트럭(Light Trucks)

픽업트럭에 관한 NHTSA의 2001년 연구[43]는 1993년부터 1998년까지 8개 주(states)의 파일들을 평가한 결과, 머리지지대는 후면추돌시

43) Walz, M. C., “The Effectiveness of Head Restraints I Light Trucks, FMVSS” NHTSA Technical Report, April 2001, DOT HS-809-247, Pg 45.

경트럭 탑승자의 부상을 6.08% 감소시켰다는 것을 발견하였다. 이 연구는 Kahane의 FMVSS No. 202 이전과 이후의 승용차에 대한 조사분석에서 예측한 값(13.1%)의 절반 정도로 나타났는데, 그 이유는 확실하지 않다. 추측컨대, 그 이유는 승용차에 탑승한 사람과 픽업트럭에 탑승한 사람의 차별성에 있을 것 같다. 픽업트럭에는 대부분 남성들이 승차한다. 그리고 픽업트럭과 승용차 후면의 경도(stiffness) 차이가 그 원인 중의 하나라고 예측된다. 픽업트럭의 경도가 승용차보다 훨씬 강하며, 픽업트럭의 후면범퍼는 승용차보다 높게 위치해 있다. 끝으로, 픽업트럭은 탑승자의 바로 뒤에 내지는 매우 밀접하게 뒷 창문 또는 후면등 영역(후면추돌시 완충지대 역할을 함)을 가지고 있다.

경트럭에 설치된 머리지지대의 효과는 6.08%라고 한 Walz의 분석에 기초하여, FMVSS No. 202 적용 이전인 1989년 이전의 경트럭에 관한 분석이 수행되었다. 즉, 이 분석은 경트럭과 승용차의 좌석 등받이의 높이 차이에 따른 효과의 차이를 결정하기 위하여 수행되었던 것이다. 왜냐하면, 좌석 등받이의 높이 차이는 머리지지대의 효과에 영향을 주기 때문이다(표 6-7). 경트럭의 평균 좌석높이(판매량 가중치를 적용한 값)는 546mm(21.5 inches)였다. 이것은 승용차(FMVSS No. 202 적용 이전)의 높이 559mm(22 inches)와 비교해 볼 때, 크게 차이가 나지 않는다.

Walz의 경트럭 연구 결과에 의하면 머리지지대는 경트럭 탑승자의 부상을 6.08% 감소시켰다. 그리고, 경트럭은 이 시기에 차량 판매 대수의 50% 정도를 차지하였다. 그러므로, 판매 대수를 가중치로 하여, 경트럭에 설치된 머리지지대의 효과에 대한 조정이 필요하였다. 그러나, Waltz의 연구는 픽업트럭에만 한정되어 있었고, 픽업트럭은 다른 차량과 구별되는 특유의 좌석 구조와 짐칸을 보유하고 있으므로 인하여 이에 대한 조정이 쉽지 않은 상태이다. SUV와 밴의 경우는 승용차 좌석과 매우 비슷한 구조를 가지고 있다. 그러므로, 승용차의 효과

값인 13.1%를 SUV와 밴에게 적용하기로 한다. 즉, 승용차, SUV 그리고 밴의 앞좌석과 뒷좌석의 효과값은 13.1%가 될 것이고, 픽업트럭에 대해서는 6.08%가 될 것이다.

표 6-7(a)를 보면, 픽업트럭은 모든 LTVs 중에서 차지하는 비중이 62%에 이르고, SUV와 밴은 합하여 38%에 이른다. 이러한 가중치를 적용하여 LTVs의 부상전체에 관련한 평균 효과는 8.72%이다. 목부상에 대한 평균 효과는 이다. 마찬가지로 승용차의 목부상에 관련된 효과는 이다. 그러므로 LTVs의 효과조정인수(The effectiveness adjustment factor)는 이다.

표 6-7 좌석 높이와 머리지지대의 효과

차 량	1989년식 모델 판매량	좌석 높이	판매비중	판매량을 가중치 적용한 좌석높이의 평균
Dodge Full Size	82642	19.3	0.046445	0.896389
Chevy Full Size	551209	23.0	0.309781	7.124961
GMC Full Size	153938	21.4	0.086514	1.85139
Ford Full Size	587911	21.0	0.330408	6.938558
Dodge Dakota	88673	19.5	0.049834	0.971772
Ford Ranger	273336	21.0	0.153616	3.225927
Chrysler Arrow (import)	41642	22.3	0.023403	0.521885
	1779351			21.53088

표 6-7(a) 견인된 승용차의 앞, 뒷좌석 탑승객(후면추돌시 전복되지 않은 차량기준)

차량 유형	좌석위치	탑승자수	트럭의 앞좌석 탑승자수	비중
Car	앞좌석 창측	57,158		
Car	뒷좌석 창측	4,089		
Oth Lt Truck	앞좌석 창측	191		
Oth Lt Truck	뒷좌석 창측	80		
SUV	앞좌석 창측	1,902	1,902	25.30%
SUV	뒷좌석 창측	1,094		
Van	앞좌석 창측	926	926	12.32%
Van	뒷좌석 창측	177		
Pickup	앞좌석 창측	4,689	4,689	62.38%
Pickup	뒷좌석 창측	0		
			7,517	100.00%

4. 머리지지대 높이 증가에 대한 예상 효과[44)]

표 6-2에서 나타나듯 모든 차량의 앞좌석 머리지지대의 최대 높이 평균은 767mm(30.2 inches)이며, 2004 최종규칙에 33mm(1.3 inches) 모자란다. 이 값은 차량 대수를 가중치로 적용하였으며, 조정식 머리지지대의 최고 위치에서 측정한 값과 고정식 머리지지대의 높이를 포함하고 있다. 1982년 Kahane의 평가를 고려해 볼 때(표 6-6), 33mm(1.3 inches)를 높임으로 인해 후면추돌로 인한 전체 부상 감소효율을 1.1% 개선시킬 수 있으며, 특히 목부상 감소효과는 에 이른다. 이 값은 고정식 머리지지대의 경우로 계산된 결과이지만, 2004 최종규칙

44) 이 부분은 2007 최종규제보충평가서와 2004 최종규제영향분석서의 내용과 동일함. NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation-National Center for Statistics and Analysis), FMVSS No. 202a Head Restraints, 26-31, April 2007 참조.

에서는 조정식 머리지지대에 관한 요건도 규정하고 있다. 그래서, 분석의 편의를 위하여, 조정식 머리지지대와 고정식 머리지지대는 같은 높이를 가지고 서로 같이 작동한다고 전제한다.

NHTSA는 머리지지대의 높이규정을 800mm(31.5inch)로 했을 때 높이 767mm(30.2 inch)와 비교하여 통계집단에서 얻게 되는 편익을 알기 위해서 다음과 같이 시도하였다.

통계집단의 걺갢 걺갢 걺갢 갃걊갋갃갸걺갱갿갃 갿갌갿갃 각갃갿갌갿갃의 데이
방정식은 다음과 같다
△
는 방법으로 측정된 머리지지대 높이
△ 는 평균적인 남성 걺갢 갃걊갋갃갸걺갱갿갃 갿갌갿갃 의 머리 위에서부터
무게중심까지 거리
갌갌갽걺갃걊
도

위의 방정식에 관하여 다음 가지를 전제한다
는 머리의 윗부분에서 갿갿 아래에 위치한다
걺갢 걺갃걊갋갃갸걺갱갿갃 갿갌갿갃의 는 평균적인 남성의 위치보다 갿갿 위에 위치한다
걺갢 걺갃걊갋갃갸걺갱갿갃각갃 갿갌갿갃의 는 평균적인 여성의 위치보다 갿갿 위 위치한다
머리지지대의 높이는 높이 위에 위치하면 탑승자를 보호하기에 충분하다

위의 방정식과 가정으로 계산한 결과, 상체 각 25도로 앉았을 때 평균적인 남성과 여성(걺갢 갃걊갋갃갸걺갱갿갃 갿갌갿갃)의 H-point에서부터 머리무게 중심(CG)까지의 거리는 746mm와 687mm로 계산되었다. 현행 기준인 700mm(27.5 inches)의 머리지지대 높이는 평균적인 남성(걺갢 갃걊갋갃갸걺갱갿갃 갿갌갿갃)의 머리무게 중심(CG)의 높이보다 위에 위치하고 백셋 거리는 80mm까지 커버할 수 있다.

마찬가지로, 머리지지대의 높이가 800mm(31.5 inches)이면 걺갢 갃걊갋갃갸걺갱갿갃 갿갌의 CG의 높이보다 위에 위치하고 백셋 거리는 133mm(5.2 inches)까지 커버할 수 있으며, 750mm(29.5 inches)이면 걺갢 갃걊갋갃갸걺갱갿갃 갿갌갿갃의 CG의 높이보다 위에 위치하고 백셋 거리는 125mm(4.9 inches)까지 커버할

수 있다. 백셋 거리를 55mm(2.2 inches)로 하게 되면, 머리지지대의 높이 767.7mm(30.2 inches)는 [illegible] 위에 위치하게 된다. 즉, 백셋 거리를 55mm로 했을 때 머리지지대의 높이가 767.7mm이면 모집단의 95%까지 커버하여 대부분의 사람들이 머리지지대의 효과를 볼 수 있다.

NHTSA는 과거의 머리지지대의 높이 요건에 의하여 커버되는(효과를 보는)[45] 일반적인 성인 인구의 퍼센티지와 2004 최종규칙의 머리지지대의 높이 요건에 의하여 커버될(효과를 볼) 일반적인 성인 인구의 퍼센티지를 예측하였다. 표 6-8a와 표 6-8b는 남녀 탑승자를 대상으로 과거의 규정과 2004 최종규칙을 적용했을 때 양자의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 현재 기준에서의 백셋 거리를 75mm 전제한다. 현재의 FMVSS No. 202에서 규정한 머리지지대 높이 700mm(27.5inch)와 백셋 거리(75mm) 규정은 남성운전자의 25%와 여성운전자의 87%를 커버한다. 2004 최종규칙에서 규정한 머리지지대 높이(800mm, 31.5inch)와 백셋 거리(55mm)규정은 남성운전자의 99.7%와 여성운전자 100%를 커버한다. 현재 존재하는 차량의 머리지지대와 백셋의 평균값은 대략 남성운전자 91%와 여성운전자 100%를 커버한다. 현재 사용되는 차량과 2004 최종규칙간의 차이는 남성운전자의 경우만 9% 정도 차이날 뿐이다.

뒷좌석 탑승객에 관한 자료도 조사되었다. NASS CDS(1988-1996)의 자료에 따라 NHTSA는 13세 이상의 뒷좌석 탑승객의 평균 높이는 65.8inches이다. 머리지지대 높이 700mm와 백셋 55mm는 67inches까지 커버한다. 머리지지대 높이 750mm와 백셋 55mm는 74inches까지 커버

45) “커버되는(covered)”의 의미는, 머리지지대의 가장 높은 부분(top)이 탑승자의 CG와 동일하거나 그보다 높은 경우를 의미한다. 그리고 이것이, CG보다 더 높은 머리지지대에 대하여 더 많은 편익이 존재하지 않을 것이라는 것을 암시하지는 않는다. NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation), FMVSS No. 202 Head Restraints For Passenger Vehicles 45 (November, 2004).

한다. 백셋이 55mm일 때, 66inches 이하의 앉은키는 전체 뒷좌석 탑승자의 대략 60%에 달한다. 그리고 750mm이하의 머리지지대는 뒷좌석 탑승자의 약 97%를 커버한다.

표 6-8(a) Percent of Adult Male(성인남자 퍼센티지)

Requirement	Covered By Height alone(Backset=75mm)	Covered By Height and Backset(Backset=55mm)
Current FMVSS 202 높이=700mm	16.08%	25.0%
현재 차량 평균 머리지지대 =767mm	90.8%	94.7%
2004 최종규칙에서의 머리지지대 높이=800mm	99.3%	99.7%

표 6-8(b) Percent of Adult Female(성인여자 퍼센티지)

Requirement	Covered By Height alone(Backset=75mm)	Covered By Height and Backset(Backset=55mm)
Current FMVSS 202 높이=700mm	80.3%	86.9%
현재 차량 평균 머리지지대 =767mm	99.9%	100%
2004 최종규칙에서의 머리지지대 높이=800mm	100%	100%

282명 탑승자에 대한 조사에 기초하여, NHTSA는 조정식 머리지지대를 보유한 차량의 경우, 탑승자의 47%는 머리지지대의 위치는 아래쪽에, 51%는 최저 위치에서 위쪽으로 올려서 고정하지만 반드시 최고 위치에까지 올린 상태에서 고정하지는 않고 있다는 것을 발견하였다. 그밖에 나머지 2%는 알려지지 않았다. 그러므로, 알려지지 않은 2%의

값을 포함하여 머리지지대의 높이에 관한 공평한 분포(equal distribution)를 가정하여야 한다. 다음과 같이 가정한다: 첫째, 탑승자가 머리지지대를 올려서 고정할 때는 편안한 승차감을 위해서 자신의 머리무게 중심위치(CG)만큼 올려서 맞춘다고 가정한다. 둘째, 탑승자의 신장과 머리받침대의 높이조정에 관해서는 무작위 분포를 이룬다고 가정한다. 즉, 모든 키큰 사람은 머리받침대를 올려서 고정하고, 모든 키작은 사람은 머리지지대를 내려서 고정한다고 가정하지 않는다. 그래서, 위의 가정에 따라서 예측해 본 결과 52%가 머리지지대를 올려서 고정하고 있다는 것을 알게 되었다.

현재의 차량을 기준으로 했을 때, 조정식 머리지지대를 최저 높이[46]로 고정했을 때의 평균높이는 711mm(28.0inches)이다. 2004 최종규칙은 머리지지대의 최저높이를 750mm(29.5inches)로 규정하고 있다. Kahane의 평가에 의하면 조정식 머리지지대의 경우, 최저 높이를 711mm에서 750mm로 머리지지대를 높이면 후면추돌로 인한 모든 부상의 감소효과는 3.5% 증가한다. 이 가운데, 후면추돌로 인한 목부상만의 감소효과는 증가하게 된다. 5.83%의 목부상 감소효과는 조정식 머리지지대를 설치하고 있는 차량의 탑승자들 중 48%에 적용된다.

이에 반하여, 뒷좌석의 머리지지대의 높이를 올림으로 발생하는 효과의 정도를 결정하는 것은 앞좌석의 그것보다 훨씬 더 복잡한 과정을 거쳐야 한다. 왜냐하면, 뒷좌석의 기준높이가 차량별로 다르고, 뒷좌석에 아이들이 탑승할 경우는 더욱 그러하기 때문이다. 따라서, 뒷좌석에 탑승한 사람의 평균높이는 앞좌석과는 일치하지 않는다.

Kahane의 평가에서 규칙적용 이전의 차량 앞좌석 평균높이는 559mm (22 inches)였다. 앞좌석의 조정식 머리지지대가 아래쪽에 위치했을 때

46) 최저 높이(the lowest height)는 조정식 머리지지대가 아래 위치에 있을 때 작동한다. NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation), FMVSS No. 202 Head Restraints For Passenger Vehicles 47 (November, 2004).

의 평균높이는 648mm(25.5 inches)였다. 앞좌석 고정식 머리지지대의 평균높이는 711mm(28 inches)였다. 머리지지대의 높이는 시간이 흐름에 따라서 점차 높아져 왔다. 앞좌석 머리지지대의 평균 최저높이는 1999년식 14 개의 자동차를 조사했을 때, 711mm로 측정되었다. 이것은 1970년대 후반에 조사한 것보다 무려 64mm(2.5 inches)이상 높아진 것이며, 고정식 머리지지대의 경우도 동일한 높이만큼 증가되었다.

벤치형 뒷좌석의 높이는 규칙적용 이전의 앞좌석 높이와 같은 559mm로 전제한다. 조사된 차량의 데이터를 근거로 하여, 현재 뒷좌석 머리지지대를 지닌 차량은 뒷좌석 최저 머리지지대 높이는 668mm(26.3 inches)이다. 그러므로, Kahane의 평가에 의하면, 668mm에서 750mm로 머리지지대를 높이면 후면추돌로 인한 모든 부상감소 효과는 10.47% 증가하고, 목부상 감소효과는 증가하게 된다.

편익의 두 번째 측면은 현재 머리지지대 높이 요건을 2004 최종규칙의 머리지지대 높이 요건으로 맞춤으로써 증가하는 편익이다. 가장 낮은 위치에서의 머리지지대 평균높이는 653mm(25.7 inches)인데, 이는 2004 최종규칙의 요구조건인 750mm(29.5 inches)와 비교하여 97mm (3.8 inches) 모자란다. 그런데, 조정식 머리지지대의 최저위치에서 높이 평균은 655mm이며, 뒷좌석에 머리지지대가 없는 모델의 평균 높이는 650mm(25.6 inches)이다. 그리고, 차량의 뒷좌석의 평균높이(머리지지대가 있는 것과 없는 것을 모두 포함하여)는 653mm(25.7 inches)이다. Kahane의 분석에 의하면, 653mm에서 750mm로 앞좌석의 머리지지대를 높이면 후면추돌로 인한 모든 부상감소효과는 13.1% 증가하고, 목부상 감소효과는 증가하게 된다. 그러나, 탑승자의 신장에서 보면 뒷좌석 탑승율은 앞좌석 탑승율과 매우 다르다. 아래 표에 그 비율을 제시한다. 뒷좌석에 상대적으로 키작은 사람들이 더 많이 탑승하는 것을 알 수 있다.

키에 따른 좌석별 탑승율(NASS 1988-1996)

	5피트 9인치 이하	5피트 10인치 이상	합　계
창측 앞좌석	66%	34%	100%
창측 뒷좌석	83%	17%	100%

5. 백셋의 연구

머리지지대의 높이증가로 인한 편익에 관한 분석에서, FMVSS No. 202에서 측정한 바와 같이 머리지지대 높이는 백셋에 관한 기능이기 때문에, 높이 증가의 편익은 추정된 백셋에 달려있다는 것을 보여주었다. NHTSA는 또한 높이 요건에 더하여 백셋 요건의 효과에 있어서도 증가가 있을 것이라고 믿고 있다. NHTSA는 백셋을 위한 제안(proposal)이 몇 가지 요소들에 기초하여 효과(백셋에 대한 거리 규정이 후면추돌로 인한 부상감소의 효과)에서 증가를 초래할 것이라고 믿고 있다. 첫째, 몇 몇 연구조사는 추돌로 인해서 머리가 머리지지대에 닿으면 목부상으로 인한 통증을 느끼지 못한다는 사실을 발견하였다. 둘째, NHTSA에서 시뮬레이션 한 결과, 백셋의 감소와 머리지지대의 높이증가는 추돌로 인한 목움직임과 척추와 머리의 회전각을 감소시킴으로 목부상 위험을 감소시킨다고 하였다. 셋째, 평균적인 남성(걺갊 갃값갅갆갇걿)의 신체조건을 기준으로 머리지지대의 높이와 백셋을 측정하여, 우수, 보통, 미흡 그리고 불량의 4 등급으로 평가하여 머리지지대와 목부상 위험 간의 상호 관련성을 비교하는 IIHS 연구는 백셋이 목부상 감소와 관련이 있다는 것을 나타내고 있다. NHTSA는 위의 사항들을 고려하여, 백셋 거리를 줄이면 목부상 비율도 감소할 것이라고 믿고, 나중에 백셋 거리 요건에 기초하여 편익을 계산할 것이다.

Olsson[47]은 후면추돌로 인한 목부상에 관한 연구에서 탑승자와 자동차에 관련된 부상 메커니즘과 부상 정도를 조사하였다. 이 연구에서 26건의 후면추돌 사건시 33명의 탑승자가 조사되었다(표 6-9). 이 연구에서는 탑승자들에 대한 광범위한 인터뷰가 실시되었고, 목부상 통증에 대한 의학적 검사가 실시되었으며, 차량에 일련의 충격으로 인한 부상 메커니즘을 규명하려고 하였다. 또한 추돌하기 이전 차량 내의 탑승객의 머리와 머리지지대간의 수평거리와 수직거리를 측정하였다. 이 실험에서 Olsson은 목통증의 지속 기간은 머리와 머리지지대간의 수평거리와 관련이 있다는 것을 발견하였다. 머리지지대의 높이(IIHS 평가기준으로 미흡에서 보통의 등급 판정을 받을 수 있는 정도의 높이)는 이번 연구결과에서는 특별한 관련이 없는 것으로 나타났다.

이번 연구결과, 목통증 지속 기간은 상대적으로 머리지지대의 높이보다는 백셋과 관련이 크다는 것을 나타내고 있지만(신뢰도 99%), 그 효과가 단지 백셋의 거리에만 있다고 보기에는 무리가 따른다. 왜냐하면 속도변화, 좌석의 경도, 머리지지대의 높이, 탑승자의 나이와 성별 등이 이 결과에 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 이 연구에서는 위의 모든 요소를 고려하여 각각의 요소가 목부상에 미치는 영향을 분석하기에는 부족하였다.

표 6-9 1987-1988 동안 Gothenburg 지역의 차량 후면추돌 데이터 (Olsson, et.al., 1990)

△ (km/h)	Impact Pulse	Seatback Rotation (deg)	나이	키 (cm)	Aware	*Backset (cm)	*Height (cm)	증상 기간
16	stiff	>15	46	182	no	8	14	0
16	stiff	11-15	42	184	yes	23	12	>12개월
16	soft	0	51	181	no	7	15	>12개월

47) Olsson, I. et al, “An In-Depth Study of Neck Injuries in Rear End Collisions”, International Conference on the Biomechanics of Impacts(IRCOBI), 1990.

Ⅵ. 머리지지대 설치로 인한 편익(목부상 감소 건수)

△ (km/h)	Impact Pulse	Seatback Rotation (deg)	나이	키 (cm)	Aware	*Backset (cm)	*Height (cm)	증상 기간
13	stiff	0	23	183	no	8	14	0-7일
16	stiff	0	51	179	no	5	8	0-7일
12	stiff	11-15	49	185	no	6	12	0-7일
12	stiff	1-10	38	186	no	6	10	0-7일
19	stiff	11-15	47	181	no	10	10	0
19	stiff	0	22	186	no	18	17	>12개월
17	stiff	0	51	173	no	16	6	>12개월
13	stiff	1-10	34	172	yes	9	5	7-30일
5	stiff	0	36	189	no	17	7	>12개월
19	stiff	1-10	62	179	no	12	13	>12개월
19	stiff	11-15	61	173	yes	10	6	4-11개월
19	stiff	0	59	167	no	0	4	7-30일
24	soft	11-15	42	176	yes	9	10	>12개월
22	stiff	1-10	34	163	no	4	4	7-30일
27	stiff	>15	60	176	no	6	13	7-30일
27	stiff	>15	59	164	no	10	3	1-3개월
9	soft	0	50	171	no	6	6	0-7일
24	stiff	0	77	168	no	8	5	0-7일
30	soft	0	19	184	no	9	13	0-7일
30	soft	0	20	187	no	10	15	>12개월
11	stiff	0	46	182	no	10	12	>12개월
9	stiff	0	36	176	no	7	10	7-30일
18	stiff	1-10	36	194	yes	7	20	0-7일
9	stiff	0	54	156	yes	5	1	0
9	stiff	0	86	153	no	5	3	>12개월
9	stiff	0	41	188	no	6	9	0-7일
15	stiff	0	49	172	yes	3	11	0-7일
18	stiff	11-15	28	175	no	8	11	>12개월
16	stiff	1-10	64	177	no			>12개월
16	stiff	1-10	61	164	no			0

* Height는 머리윗부분에서 머리지지대의 윗부분까지의 수직거리를 의미한다.

* Backset은 머리 뒷부분으로부터 머리지지대까지의 수평거리를 의미한다.

Viano et al.[48]은 보험사의 차량충돌 보고서에 근거하여 Saab의 머리지지대의 효과를 조사하였다. 추가적으로 필요한 정보는 후면추돌시 탑승자들에게 우편으로 송부된 동료전문가(peer review) 질문지 방식을 통하여 획득되었다. 이 연구에서 탑승자의 평균나이는 ± 세이며, 평균키는 ± 값이며, 충돌시 순간가속도 평균(△)은 ± 였다. 충돌로 인한 부상은 다음 4 가지로 구분한다. 1) 부상없음(2), 2) 일주일 이하의 단기 목통증(3), 3) 10주 이하의 중기 목부상(4), 4) 10주 이상의 장기 목부상.

표 6-10에서는 Saab 900과 Saab 9-3 좌석들 간의 목부상 결과에 대해서 비교하고 있다. Saab 9-3 좌석은 능동형 머리지지대(Saab Active Head Restraint, SAHR) 시스템을 적용하고 있는 반면, Saab 900은 일반적인 머리지지대 시스템을 적용하고 있다. Saab 900 좌석은 평균적인 남성의 신체조건을 기준으로 하여 백셋이 30mm이다. Saab 9-3에 있는 SAHR은 기존의 방법과는 다른 체계이므로 백셋을 측정할 수 없다. 왜냐하면, 추돌시 머리지지대가 자동적으로 탑승자의 머리 방향으로 이동하여 백셋 거리를 훨씬 더 줄이기 때문이다. Saab 좌석의 머리지지대 높이는 윗부분(high position)에서 측정했을 때 대략 760mm이다. 그리고 Saab 900과 Saab 9-3 좌석은 후면구조가 비슷하므로, 후면추돌로 인한 머리지지대 테스트에서는 차량의 구조적 차이점이 결과에 미칠 영향은 거의 없다.

Viano는 위 Saab 좌석들에서 사용하여 12.5 km/h의 순간 속도로 대차실험을 하였다. Saab 900의 좌석은 척추와 머리의 회전각이 6도로 Saab 9-3 좌석보다 크다.

48) Viano, D.C., et al, The Effectiveness of Active Head Restraint in Preventing Whiplash, Journal of Trauma, Volume 51, Number 5, pp 959 - 969, 2001.

표 6-10 후면추돌로 Saab 좌석들에서 발생한 부상 결과

좌석 유형	사건발생수	중기/장기 목부상 확률(%)	백셋	척추와 머리의 회전각(도)
Saab 900	48	14.6%	30-50	6
Saab 9-3	38	5.2%	NA	0
부상 감소		9.4%		
유효성		64%		

Saab 900과 비교하여 Saab 9-3 좌석의 효율성은 머리지지대의 기하학적 특성(백셋 혹은 머리지지대의 높이)뿐만 아니라 좌석등받이 자체의 특성에 기인한다. Saab 9-3은 Saab 900에 비해서 추돌시 좌석등받이에 하중을 가할 때의 좌석 경도(stiffness)가 훨씬 높다. 그래서, 이 연구는 Saab 9-3의 경우, 능동형 머리지지대의 목부상 감소에 대한 효율성 측정에 있어서는 백셋 거리 감소로 인한 목부상 위험을 감소시키는 편익과 머리지지대 높이와 좌석등받이 디자인으로 인한 편익을 분리해서 분석할 수는 없게 된다.

IIHS의 최근 보고서에서 Farmer, Wells, and Lund[49]는 재디자인된(redesigned) 머리지지대와/또는 좌석들을 가진 차량들과 가지지 않은 차량들에 대한 후면추돌에서의 목부상 발생확률을 결정하기 위하여 자동차보험청구서들을 조사하였다. 이 조사를 통하여 그들은 새로 출시된 많은 차량들은 안전을 위해서 백셋을 줄이고 머리지지대 높이를 증가하여 기하학적으로 머리지지대의 구조를 개선하였는데, 이들 차량들은 목부상의 발생율이 낮게 나왔다고 지적하였다. 그리고, 능동형 머리지지대를 설치한 차량의 경우는 부상 청구에 있어서 43%의 감소

49) Farmer, Charles, Wells, JoAnn, Lund, Adrian, “Effects of Head Restaints and Seat Redesign on Neck Injuries Risk in Rear-End Crashes”, Insurance Institute For Highway Safety, October 2002.

를 보였고, 기존의 수동형 머리지지대의 경우 부상 청구에 있어서 18%의 감소가 있었다고 그들은 발견하였다.

IIHS는 후면추돌로 인한 목부상을 감소시키는 핵심은 탑승자의 머리와 척추를 동시에 움직이도록(즉, 회전각을 감소시키도록) 유지하는 것이라고 지적하였다. 재디자인된 좌석들과 머리지지대는 후면추돌시 발생하는 머리와 척추의 상이한 움직임을 감소시키기 위하여(즉, 회전각을 줄이기 위하여) 고안되었다. 2000년식 포드 토러스(Ford Taurus)가 머리지지대는 수동식이지만 그렇게 재디자인된 좌석을 가진 차량이었다.

표 6-11A IIHS Taurus Data(October Status Report)

이름	잠금장치	백셋		수직거리	
		Down	Up	Down	Up
1999 Taurus	No	120*	95	175	130
1999 Taurus	No	125	85	165	125
2000 Taurus	Yes	65	70	80	30
평균변화값		57.5	20	90	97.5

* 가정치(Assumed)

- 표의 수치는 모두 IIHS 측정방법에 의한 값(mm)

표 6-11B IIHS의 수치를 NHTSA 기준으로 나타낸 수치(mm)

이름	잠금장치	백셋		수직거리	
		Down	Up	Down	Up
1999 Taurus	No		95	684	714
1999 Taurus	No	125	85	695	714
2000 Taurus	Yes	65	70	747	794

비록 사고로 인한 보험료 청구에 있어서 18% 줄었지만, 이러한 효과를 머리지지대의 높이, 백셋 그리고 좌석의 재디자인으로 구분하는 것는 가능하지 않다. Kahane의 분석에 의하면, 690mm에서 750mm로 머리지지대를 높이면 후면추돌로 인한 부상감소효과가 4.3% 개선된다. 그러나, 이러한 편익이 오직 백셋의 감소와 개선된 자동차 좌석의 개선효과로 인한 것으로 분석하기는 힘들다.

자원자에 대한 후면추돌 대차실험과 더미에 대한 후면추돌 대차실험의 결과가 나타내는 것은 머리지지대가 충분히 높고 백셋의 거리가 작을수록 척추와 머리의 회전각을 감소시켜 목부상 위험을 줄인다는 것이다.[50] 그러나, 백셋과 목부상 간의 관계는 실제로 발생한 사건의 현장 데이터로 조사된 것은 아니다. 왜냐하면, 사건 현장에서의 관찰을 통해 조사한 데이터로는 머리지지대 높이, 백셋 거리 그리고 좌석 디자인 등으로 인한 효과를 구분하는 것이 어렵기 때문이기도 하기 때문이다. 그러므로, 백셋 거리의 감소의 편익에 관한 측정은 통제된 실험실 실험을 검토함으로써 이루어 질 수밖에 없다.

Svensson[51]은 RID Neck로 고정된 걷강겂갱강 겉갱 간겂갃간갼겉갱걍간 걍갃 를 가지고 대차실험을 하였다. 이 실험에서, 백셋이 척추와 머리의 회전각을 감소시키는 데 가장 큰 기여를 한다는 결론이 나왔다. 12.5km/h의 대차실험에서 770mm의 머리지지대 높이로 고정했을 때, 백셋 거리 100mm였을 때는 머리와 척추의 회전각이 33도였고, 백셋 거리를 40mm로 두었을 때, 머리와 척추의 회전각이 12도로 나타났다.

Siegmund(1999)는 42명의 실험 자원자들(남자 21명, 여자 21명)을 대상으로 하여, 자동차의 충돌시(△ =4km/h, 8km/h) 운동반응을 관찰하

---

50) Viano, (2002); Svensson, (1999); Siegmund, (1999).

51) Svensson, M.,et al. “The Influence of Seat-Back and Head Restraint Properties on the Head-Neck Motion During Rear-Impact”, 1993 International Conference on the Bio-mechanics od Impacts, Eindhoven, Netherlands, 1993.

였다. 자원자들의 연령분포는 20대에서 40대 사이였고 키와 몸무게는 각각의 나이와 연령대별로 모두 [illegible] 범위 내에 있었다. 자원자의 머리가 머리지지대에 닿는지 여부를 확인하기 위해 앉은 키를 조사하였다. 머리지지대의 높이가 자원자의 머리에 닿을 정도로 충분한지도 확인하였다. 자원자들은 편안한 상태에서 충격이 임박한 순간을 인지하지 못한 상태로 실험하였다. 충돌로 인해서 운동반응이 절정에 달한 지점(머리와 척추의 회전각, 충돌로 인해 순간적으로 목이 뒤로 젖혀지는 때)에서 탑승자의 구체적 특징, 머리지지대의 위치 그리고 앉은 자세와 관련된 회귀분석을 실시하였다. 분석의 결과는 백셋과 머리지지대의 높이는 나이와 연령보다 훨씬 더 충돌시의 운동반응에 영향을 미쳤다고 밝혔다. 게다가, 운동반응에서 백셋의 효과는 머리지지대 높이의 효과보다 2배 이상 효과적인 것으로 이 실험에서 분석되었다.

Yoganandan[52]은 FMVSS No. 202(△ 와 유사한 [illegible] 사용하여 후면추돌 대차실험을 하였다. 머리지지대 높이는 750mm 혹은 800mm로 하며, 백셋은 100mm, 50mm, 그리고 0mm로 하여 실험을 하였다. 이 실험에서 실시한 장비는 실제로 자동차에 사용되는 좌석과는 다르게 동적 테스트를 위한 것으로써 머리지지대의 위치 조절을 실험목적에 맞게끔 제작된 것이다. 머리지지대 높이를 750mm에서 800mm로 변화시켰을 때 머리와 척추의 회전각도에 아주 적은 영향만을 미쳤다. 그러나, 머리지지대의 위치를 고정하고 백셋을 변화시켰을 때는 머리와 척추의 회전각도에 큰 차이를 보였다(표 6-12). 머리지지대의 높이를 770mm로 고정한 상태에서 백셋의 거리를 다르게 위치하여 그 때마다 달라지는 머리와 척추의 회전각도에 관한 자료는 Svensson의 연구결과에서 도출되었다.

52) Yoganandan, et al, “Small Female and Large Male Responses in Rear Impact,” Forty Sixth AAAM Conference, 2002.

표 6-12 머리와 척추의 회전각도(Yoganandan, 2002)

백셋	머리지지대 높이	
	750mm	800mm
0 mm	0 deg	1 deg
50 mm	19 deg	16 deg
100 mm	40 deg	41 deg

실험: 걶강값갱강 걺갢 간값갔간갸걺갱, 갔간 각 17.8km/h에서 [illegible] 실험을 실시함.

Siegmund(1999)와 Yoganandan(2002)에 의한 연구는 동역학(kinetics)과 목부상 간에 관련성이 있는 것으로 전제하였다. 그러나, 위의 전제는 아직까지 완전히 규명되지는 않았다. 일반적으로, 충격과 관련있는 부상은 특정 조직의 과도한 팽창이나 스트레스에 기인한다. 그리고, 그것은 1) 직접적으로 발생하는 외부적인 힘, 2) 상대적인 움직임에 의한 간접적인 힘, 3) 근육수축 등을 통한 내부적인 힘 또는 이들 1), 2), 3)의 조합에 의하여도 발생한다. 충돌시 탑승자에게 발생하는 동역학을 최소화함으로써 충격으로 인한 조직에 과도한 스트레스나 팽창을 줄일 수 있어 부상의 잠재성을 감소시킬 수 있게 된다.

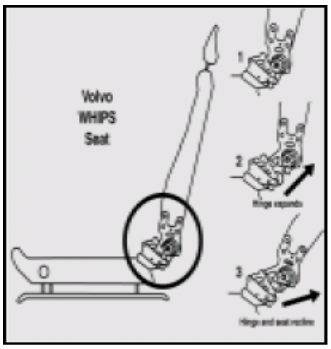
실제로, 최근의 혁신적인 좌석 디자인들은 머리와 척추간의 회전 각도를 최소화하는 바로 이러한 개념을 사용하고 있다. Lundell, et al. (1998)은 Volvo의 목부상 보호시스템(Whiplash Injury Protection System, WHIPS)[53] 좌석에 관한 연구논문에서 머리에 가까이 위치한 높이 고

53) 아래 그림은 Volvo 자동차의 WHIPS 설계구조로 목지지대가 승객 머리에 부딪히기 전에 승객의 흉부상대에 가해지는 최고 가속도를 감소시켜주기 위한 구조이다. 고정식 머리지지대를 장착한 볼보에서는 목부상 예방시스템, 즉 후면추돌사고시 승객의 흉부에 의해 하중이 가해지면 좌석등받이가 뒤로 물러나면서 부분적으로 회전하는 시스템을 장착하고 있다. KIDI, 첨단 Head Restraint 시스템과 목부상해, 2007. 8.14.

정시킨 머리지지대가 목부상을 감소시키는데 있어서 유익하다고 지적하였다. 나아가, SAHR 좌석 디자인(Viano, 2000)은 머리와 척추간의 회전 각도를 줄임으로써 머리와 척추의 상대적인 움직임을 적게 하여 목부상을 감소시킬 것이라는 개념에 기초하고 있다.

6. 백셋효과의 예측[54)]

백셋을 줄이는 것이 머리지지대의 높이를 올리는 것보다 추돌시 탑승자의 상대적 운동에 더욱 영향을 미쳐서 부상감소에 기여한다는 것을 위에서 언급한 각종 실험실 내에서의 실험 및 현장 테스트로 알 수 있었다. 그러나, 백셋의 변화와 그로 인한 목부상 위험성의 변화간의 상관관계를 예측하기는 어려운 일이다. 이 분석을 위하여, 백셋의 감소는 적어도 머리받침대 높이의 증가와 동일한 효과를 가진다고 가정한다. 즉, 머리지지대의 높이가 700mm에서 800mm 사이일 때 백셋



54) 이 부분은 2007 최종규제보충평가서와 2004 최종규제영향분석서의 내용이 동일함. 다만, 2007 최종규제보충평가서에서 다양한 백셋 수준에 대한 효과 에측이 추가되었다(표 4-9). NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation-National Center for Statistics and Analysis), FMVSS No. 202a Head Restraints, 32-34, April 2007 참조.

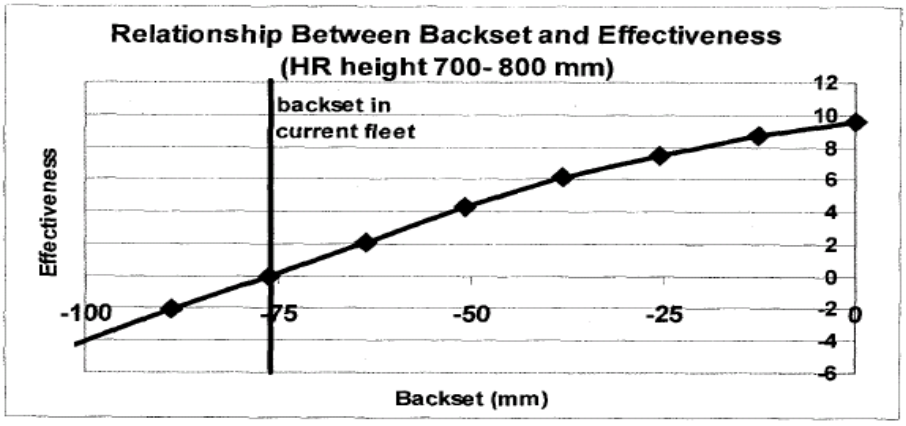
표 4-9 백셋과 목부상 감소효과

백셋	백셋효과	목부상 감소효과
55mm	3.5	5.83
60mm	2.5	4.17
61mm	2.3	3.83
65mm	1.7	2.83

의 효과(100mm에서 0mm)는 머리지지대 높이650mm에서 750mm 사이일 때의 효과와 동일한 것으로 가정한다. 앞의 [그림 2]에서 나타나듯이, 머리받침대 높이의 증가로 인한 최대한의 편익은 높이가 660mm(26 inches)에서 787mm(31 inches) 사이에서 얻어질 수 있고, 787mm 이상에서는 머리지지대의 높이 증가로 인한 편익은 거의 존재하지 않는다는 것을 알 수 있다.

[그림 3]에서 나타난 그래프의 왼쪽 부분에서(효율성 값이 0이하)도 백셋의 감소로 인한 목부상 감소의 효과는 나타나지 않는다. 머리지지대의 높이가 700mm 이하에서는 백셋의 감소로 인한 목부상 감소의 효과는 거의 없다. 왜냐하면, 탑승객의 앉은키에 비해서 머리지지대의 높이가 충분히 크지 않기 때문이다. 백셋의 효율성은 현재 차량의 평균 백셋 거리인 75mm를 기준으로 하여 결정한다. 75mm에서는 백셋의 효율성은 거의 0에 가깝다. 백셋 거리가 감소함에 따라서 효율성은 높아지게 된다. 백셋 거리가 0일 때, 백셋의 효율성은 대략 10%이다. 위 내용은 [그림 3]에 나타나 있다.

[그림 3] 백셋과 효과(Effectiveness)와의 관계
- 머리지지대 높이 700-800mm-



현재 차량의 머리지지대 높이 및 백셋의 평균은 767mm와 75mm이다. 2004 최종규칙의 머리지지대 높이 및 백셋 거리는 800mm와 55mm이다. [그림 2]와 [그림 3]에 의하면 767mm에서 800mm로 머리지지대 높이 증가로 인한 효과는 1.68%에서 3.5%로 증가하였다. 그리고, [그림 3]에서 백셋 거리가 75mm에서 55mm로 감소한 편익만을 계산할 수 있게 된다. 그래프에서 나타나듯이 백셋거리가 75mm에서 55m로 줄었을 때의 전체부상감소효과는 3.5% 증가한다. 머리지지대의 전체적인 효과는 위의 두 효과값 중에서 큰 값인 3.5%만을 반영하기로 한다. 그러므로, 백셋 거리가 감소했을 때 목부상 위험에 대한 효과는

가 된다.

비슷한 분석 방법이 뒷좌석에도 수행되어질 수 있다. 뒷좌석 평균 백셋은 121mm이며 평균 높이는 650mm이다. 뒷좌석의 높이변화로 인한 효과에 관한 분석방법은 4가지가 존재하는 데, 각각의 분석방법에 따라서 효과는 달라지게 된다. NHTSA는 다음 4가지의 대안을 고려하였다.

대안 1: 높이 700mm 이상인 뒷좌석은 최저 높이를 750mm로 해야 하며 백셋 거리도 요구된다.

대안 2: 모든 뒷좌석은 반드시 750mm 이상이 되어야 하며 백셋 거리도 요구된다.

대안 3: ECE 17/25 규정에 어긋나지 않도록 하기 위하여, 700mm 이상인 뒷좌석은 최저 높이를 750mm로 해야 하며 백셋 관련 규정은 없다.

대안 4: 높이 700mm 이상인 뒷좌석은 반드시 높이 및 백셋 거리 요건을 준수하여야 한다.

대안 1에 의하면 평균 백셋은 97.6mm이고 평균 높이는 668mm이다. 그림 2와 3으로부터 머리받침대의 높이에 따른 효과는 10.47%이며 백셋의 감소로 인한 효과는 7.5%이다. 머리지지대의 전체적인 효과는

위의 두 효과값 중에서 큰 값인 10.47%만을 반영하기로 한다. 그러므로, 뒷좌석의 머리지지대와 백셋의 개선으로 인한 목부상 위험에 대한 효과는 가 된다.

대안 1에 의하여 측정된 머리지지대의 평균 높이는 668mm이다. 668mm에서 750mm로 머리받침대의 높이를 증가시켰을 때의 효과는 Kahane의 방법에 의하면 10.47%의 효율성 개선 효과가 나타난다. 즉, 목부상 위험에 대한 효과는 가 된다. 표 6-13은 승용차에서 높이와 백셋의 개선으로 인한 효과값을 나타내고 있다.

표 6-13 승용차에서의 효과 예측

	머리지지대의 높이로 인한 효과(A)	백셋 감소로 인한 효과(B)	Max[A, B]
앞좌석 : 고정식 머리지지대	1.68	5.83	5.83
앞좌석 : 조정식 머리지지대 : Up	1.68	5.83	5.83
앞좌석 : 조정식 머리지지대 : Down	5.83	5.83	5.83
뒷좌석 대안 1	17.45	7.5	17.45
뒷좌석 대안 2 고정식 머리지지대	20.92	6.0	20.92
뒷좌석 대안 2 조정식 머리지지대 : Up	3.41	12.17	12.17
뒷좌석 대안 2 조정식 머리지지대 : Down	21.0	12.17	21.0
뒷좌석 대안 3	17.45	7.5	17.45
뒷좌석 대안 4	19.63	12.83	19.63

효과를 계산하는데 있어서 머리지지대의 증가와 백셋의 감소로 인한 효과 중에서 둘 중 높은 값을 적용하여 산출하였다. 즉, 머리지지

대의 증가와 백셋의 감소로 인한 효과 증가에 대해서 두 요소가 결합된 효과에 대해서는 무시하였다. 그러므로, 계산된 효과값은 실제값보다 작게 나타날 가능성이 존재하게 된다. 두 요소의 결합된 효과에 대한 효과 계산은 불가능하므로 이 값은 실제값보다 과소평가되었음을 NHTSA는 지적한다.

7. 머리지지대 높이 증가와 백셋 감소로 인한 편익

자동차 앞좌석에서 발생하는 매년 목부상 사고 건수는 총 251,035건으로, 이중 앞좌석에 고정식 머리지지대가 설치되어 있는 경우는 67,779건이며 조정식 머리지지대가 설치되어 있는 경우는 183,256건이다. 앞좌석의 경우, 고정식 머리지지대와 조정식 머리지지대의 두 사고 건수는 결합하여 분석할 수 있다. 왜냐하면, 표 6-13에 의하면 고정식 머리지지대와 조정식 머리지지대의 높이 개선으로 인한 효과의 증가가 5.83%로 같기 때문이다.

효과는 장래에 발생가능한 부상(potential injuries)의 확률을 낮추는 것에 의하여 계산되고, 목부상 가능성을 낮추는 것에 대한 측정은 다음 과정에 의한다.

겄
걽잔
는머리지지대를하지않았을때의 걵걽잔쟌걽갱갌걍 갢갱걽걍갌겋갢 갱쟌걀겋걾갱
겄는현재총목부상건수
걽 머리지지대가 있을 때의목부상이 발생하는차량의비율
잔 현재머리지지대시스템의 각각잔갌걽갱젉잔쟌잔겋겋

앞좌석의 고정식머리지지대경우

겄 ×
앞좌석조정식머리지지대의경우

겄 ×

그러므로앞좌석의 걵걽잔쟌걽갱갌걍 갱쟌걀겋걾갱잔겋

만약, 머리지지대의 높이가 31.5inches이고 백셋이 55mm이하이면 목부상 건수는 상당히 감소될 수 있을 것이다. 앞좌석의 경우는 × 만큼 감소할 것이다.

여기서의 계산을 하는 데 전제는 전체 차량(1천 7백만 대) 가운데 승용차 8백만 대(0.471)이며 경트럭 9백만 대(0.529)임을 전제로 하였다. 그러므로, 승용차의 경우 × 이며 경트럭인 경우 효과값을 보정해야 한다. 그 결과, 경트럭의 경우 × × 이다. 두 결과를 종합하면 앞좌석의 총편익은 건으로 계산된다.[55]

후면추돌사고로 인한 뒷좌석 목부상 발생건수는 총 21,429건에 달한다. 픽업트럭의 경우는 뒷좌석 창측에서 발생한 목부상 건수는 없었다. 앞서 언급했듯이, SUV와 밴의 경우 머리받침대의 효율은 픽업트럭보다 승용차와 거의 유사하다. 그러므로 승용차의 효율이 LTV에도 적용된다. 또한, NHTSA는 뒷좌석의 머리지지대에 관한 요건을 새롭게 정의하였다. 즉, 뒷좌석 높이가 700mm 이상이거나 혹은 뒷좌석 머리지지대의 높이가 어떤 위치에서라도 700mm 이상으로 조정가능하면 이 차량에는 머리지지대가 있다고 규정을 한다. 그러므로, 위의 규정에 적용되는 차량은 새롭게 강화된 규정에 의하여 뒷좌석도 앞좌석 머리지지대 높이규정과 동일하게 적용된다. 위에서 새롭게 정의된 뒷좌석 머리지지대에 관한 정의에 의하면 뒷좌석에 머리지지대가 설치되었다고 인정되는 차량은 이다(표 6-3).

뒷좌석 머리지지대로 인한 목부상감소에 대한 효율은 이며, 백셋으로 인한 효율은 이다(표 6-3).

55) 2007 최종규제보충평가서에서는 좌석 등받이 디자인 각도와 백셋치와 관련하여 4개의 옵션을 검토하였고, 2004 최종규칙은 옵션 1에 해당한다.

NHTSA는 머리지지대의 높이를 750mm로 하면 뒷좌석에 앉는 탑승자 거의 대부분에 대하여 목부상 감소효과가 발생할 것이라고 예측하였다. 뒷좌석 머리지지대의 최소 높이를 750mm로 한 것은 ECE 17 규정과 ECE 25 규정과 다르지 않다. 즉, 이들 규정에서는 명시적으로 뒷좌석 머리지지대를 설치한 경우 750mm 미만이 될 수 없다고 명기하였다. 뒷좌석 머리지지대에 관한 편익은 다음과 같은 과정으로 계산한다.

× × × ×

는 뒷좌석 머리지지대 규정으로 인한 부상감소건수
간갸갸갼갽겶갱겼갼걓갼겵겵 겵 참조
는 조정식 머리지지대의 위치에 따른 분포확률 겵 겄겼걓
는 승용차와 경트럭 수의 비율
앞에서 승용차와 경트럭은 각각 절반으로 전제하였다
그러므로
는 뒷좌석 머리지지대에 관해 규정한 기준을 만족하는 차량의 확률

뒷좌석 편익에 관한 측정은 4가지 대안이 있다.

대안 1: 높이 700mm 이상인 뒷좌석은 최저 높이를 750mm로 해야 하며 백셋 거리도 요구된다. 앞에서 언급했듯이 머리지지대 효율과 백셋 효율 중 높은 것을 선택한다. 여기에서의 편익은 머리지지대의 효율로 측정한다.

승용차의 편익= × × ×

경트럭의 편익= × × ×

뒷좌석 규정으로 인한 총편익은 1,559건의 목부상 감소가 된다.
그러므로 앞좌석과 뒷좌석의 총편익은 가 된다.

대안 2: 모든 뒷좌석은 반드시 750mm 이상이 되어야 하며 백셋 거리도 요구된다. 편익의 일부는 머리지지대의 높이에 기인하고, 일부는 백셋에 기인한다.

× × × ×

여기서 의 의미는 대표 차량 샘플을 구성하는 세 종류의 차량 좌석들 중 각각에 기인하여 발생한 부상들의 해당 부분이다. 다음과 같은 세 종류의 차량이 있다: 첫째, 조정식 머리지지대를 보유한 경우이다. 조정식 머리지지대의 경우 윗부분에서 고정되었을 때(52%)와 아래 부분에서 고정 되었을 때(48%)로 나뉜다. 둘째, 과거의 규정인 700mm를 만족하는 고정식 머리지지대가 설치된 경우이다. 셋째, 과거의 규정을 만족시키지 못한 머리지지대가 설치된 경우이다. 따라서, 은 위 세 가지를 고려해서 계산한다는 의미이다.

조정식 머리지지대의 편익은 다음과 같이 계산한다.

머리지지대의 효과를 사용하는 승용차의 경우: × × ×
×

머리지지대의 효과를 사용하는 경트럭의 경우: × × ×
×

백셋의 효과를 사용하는 승용차의 경우: × × × ×

백셋의 효과를 사용하는 경트럭의 경우: × × × ×

뒷좌석의 조정식 머리지지대 사용으로 인한 총편익은 1,172건의 목부상 감소가 된다.

고정식 머리지지대에서 머리지지대 높이 효율을 사용하는 승용차의 경우는 다음과 같이 계산한다.

× × ×

고정식 머리지지대에서 머리받침대 높이 효율을 사용하는 경트럭의 경우는 다음과 같이 계산한다.

× × ×

뒷좌석 고정식 머리지지대 사용으로 인한 총편익은 2,988건의 목부상 감소가 된다.

그러므로, 뒷좌석 머리지지대 규정으로 총편익은

이 된다.

위의 결과를 종합하면, 앞좌석과 뒷좌석 모두에 관한 총편익은

건의 목부상 감소가 된다.

대안 3: 대통령령 12866 §6(a)(3)(C)와 자금지원없는강제개혁법(UMRA) §205는 일반적으로 경제적으로 중대한 영향을 미치는 규칙(rule)을 발급하는 행정청으로 하여금 비록 2004 최종규칙이 중대한 영향을 미치는 규칙은 아니라 하더라도 합리적인 수의 규제대안들을 확인하고 고려하도록 일반적으로 요구한다. 유럽기준은 이러한 FMVSS No. 202를 제정하는데 있어서 가장 실행가능한 대안이 된다. 유럽기준은 2004 최종규칙과 동일한 높이요건을 요구하지만, 백셋 요건은 가지고 있지 않다.

2004 최종규칙과 ECE 17/25는 앞좌석 머리지지대 높이 요건과 옵션인 뒷좌석 머리지지대 높이를 사실상 동일한 높이로 구체화하고 있다.[56] ECE 17/25는, 고정식 머리지지대의 경우, 앞좌석 머리지지대의 높이가 800mm에 도달하도록(800mm 이상), 뒷좌석 머리지지대의 높이

56) 그러나, 이론상으로는 양자는 일치하지 않는다. 왜냐하면, 뒷좌석 머리지지대를 각 규정이 어떻게 정의하느냐에 따라서 달라질 수 있기 때문이다. NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation), FMVSS No. 202 Head Restraints For Passenger Vehicles 66, November, 2004.

가 750mm에 도달하도록(750mm 이상) 요구한다. 조정식 머리지지대의 경우, 앞좌석 머리지지대가 800mm까지 높이를 조정할 수 있도록 요구하며, 750mm 미만의 높이로 조정해서 사용하는 위치(use positions)를 가지지 못하도록 요구한다. 뒷좌석에 조정식 머리지지대가 설치되어 있는 경우에는, 머리지지대의 높이는 750mm 이상이어야 하며 750mm 미만의 높이로 조정해서 사용하는 위치(use positions)를 가지지 못하도록 요구한다.

2004 최종규칙은 앞좌석 고정식 머리지지대의 높이는 H-point로부터 800mm 이상이어야 한다고 요구한다. 뒷좌석에서는 머리지지대가 설치된 경우에 한하여만 적용하고, 기존에 머리지지대가 설치되지 않은 차량의 경우는 제외되는데, 뒷좌석 고정식 머리지지대의 경우 H-point로부터 750mm 높이 이상이어야 한다고 요구한다. 조정식 머리지지대는 H-point로부터 800mm 높이 이상이어야 한다고 요구하고 있으며, 앞좌석 및 뒷좌석 머리지지대의 경우 고정식과 조정식 모두 H-Point로부터 750mm 이하의 조정 위치를 가질 수 없다고 요구한다.

표 6-13에 있는 높이의 효과를 사용하고 조정식 머리지지대를 높이고 낮췄을 때 52%에서 48%까지의 확률의 범위 내에서 조정식 머리지지대의 이탈(breakout)을 사용하여 편익을 계산한다.

조정식 머리지지대의 위치가 윗 부분에 있을 때 승용차의 경우:

× × ×

조정식 머리지지대의 위치가 아래 부분에 있을 때 승용차의 경우:

× × ×

고정식 머리지지대의 경우: × ×

앞좌석 승용차의 총편익:

경트럭은 총판매량의 50%를 차지하고 있다고 전제하였으므로, 경트럭의 편익측정방법 또한 위와 유사하다.

경트럭의 앞좌석 총편익은 × 이다

승용차와 경트럭을 합하여 계산한 앞좌석 전체의 편익은 8,050건의 목부상 감소효과이다.

뒷좌석의 편익에 대한 계산도 앞에서 설명한 것과 동일하다.

승용차의 뒷좌석 편익은 586이다.

경트럭의 뒷좌석 편익은 586이다.

그러므로, 승용차와 경트럭의 뒷좌석에 대한 총편익은 1,171건의 목부상 감소효과이다.

ECE의 높이 요건으로부터 승용차와 경트럭의 앞좌석과 뒷좌석에서 얻을 수 있는 총편익은 9,222건의 목부상 감소효과이다.

대안 4: 뒷좌석의 높이가 700mm 이상인 것이 하나라도 존재하면, 반드시 머리지지대의 높이를 700mm 이상으로 해야 한다. 이 대안을 위한 모든 편익은 높이 측정에 기인한다. 이 대안을 위한 편익의 계산방법은 다음과 같다:

머리지지대의 높이 효과를 사용하는 승용차:

× × ×

머리지지대의 높이 효과를 사용하는 경트럭:

× × ×

여기서 은 표본 전체의 자동차 수를 기준으로 할 때, 해당하는 자동차의 수이며 0.1963은 머리지지대의 높이 효과값이다. 따라서, 뒷좌석의 총편익은 1,051건의 목부상 감소효과이다.

8. 목부상 비용

목부상으로 인한 평균 비용은 대략 9,994달러[57]이고, 연간 목부상 총발생건은 270,861이며, 이들의 총 비용은 27억 달러이다(2002년 달러기준; 2005년 달러기준으로는 30억 5천만 달러). 목부상 평균비용 9,994달러는 경제적 비용 6,843달러(2002년 달러기준; 2005년 달러기준으로는 7,729 달러)와 목부상으로 인한 삶의 질 저하에 관련된 비용 3,151달러(2002년 달러기준; 2005년 달러기준으로는 3,551 달러)이다. 9,994달러는 AIS 1 injury를 당한 탑승자가 최대로 부상을 당했을 때를 전제로 책정된 비용이다. 이 분석을 위하여 모든 목부상에 대해서 AIS Level을 조사하였다. 비록 목부상은 AIS I로 분류되었지만, 일부 목부상의 경우는 AIS 1 이상으로 분류되었다. 표 6-14는 후면추돌시 탑승자들의 부상에 관한 분포를 나타내고 있다.

표 6-14 부상의 분포(Distribution of Injuries)

	Towaway Crashes NASS 1988-96
Whiplash Injury Only (AIS 1)	34.2%
AIS 1 other than Whiplash	60.8%
AIS Greater than 1(Whiplash)	5.0%
합 계	100.0%

57) Source: Data supplied by Pacific Institute for Research and Evaluation, Personal Communication 11/26/02. 2005년 달러기준으로는 11,288 달러.

Ⅶ. 머리지지대 관련 비용

표 7-1에서는 다양한 자동차들의 머리지지대에 관련된 비용이 제시되어 있다. 비용의 예측값은 단지 LTVs로부터 유추되었지만 이 값들은 가장 최근의 예측값이다. 또한, LTVs의 머리지지대와 승용차의 머리지지대는 큰 차이가 없으므로 이 값들은 승용차에 적용하여도 무리가 없다고 여겨진다. 표 7-1에 의하면 고정식 머리지지대와 조정식 머리지지대의 비용은 다음과 같다.[58]

평균소비자비용(가중치적용않음)=

판매가중치를 적용한 평균비용=

판매가중치를 적용한 고정식 머리지지대의 평균비용

=

판매가중치를 적용한 조정식 머리지지대의 평균비용

=

표 7-1의 데이터와 이번 연구로부터의 추가 데이터는 머리지지대의 인치(inch)당 비용을 계산하기 위하여 사용되었다(표 7-2 참조). 표 7-2[59]는 머리지지대의 인치당 비용을 제시하고 있다. 비록 대부분의 경우 2004 최종규칙의 기준을 통과하기 위하여 필요한 높이 증가가 머

58) 2007 최종규칙에서 2004 최종규칙에 추가하여 비용을 계상하는 항목은 없다. 다만, 달러 인플레이션으로 인하여 2007 최종규칙에서는 2004 최종규칙에 약 8% 증가한 값으로 계산하면 될 것이다. NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation-National Center for Statistics and Analysis), FMVSS No. 202a Head Restraints 41-47, April 2007 참조.

59) Fladmark, G, and Khadikar, A., “Cost Estimates of Head Restaints in Light Trucks/Vans and Cost Estmates Of Lower Cost Antilock Brake Systems. Final Report”, U.S. Department of Transportation, 22 July 1994, page 21.

리지지대 높이를 증가시킴으로써 이루어질 수 있다고 여겨지지만, 일부 좌석 디자인을 위하여, 높이 증가는 좌석등받이 높이를 증가시킴으로써 이루어질 수도 있다. NHTSA는 이를 고려하고 있으며, 표 7-2는 전체 차량들 가운데 머리지지대의 높이와 관련된 비용에 대한 대표적 샘플이라고 믿는다.

표 7-1 1992년식 차량의 머리지지대의 비용 예측값

Head Restraints System	소비자비용 ($1993)	소비자비용 ($2002)	1998년식 모델 판매량
Chevy S10 PU/고정식	26.40	31.02	214,314 $6,647,870
GMC Sonoma/고정식	26.40	31.02	50,483 $1,565,947
Ford Econoline/고정식	24.37	28.63	156,924 $4,493,236
Ford Explorer/고정식	28.12	33.04	390,460 $12,901,423
Ford Mountaineer/고정식	28.12	33.04	43,539 $1,438,598
Toyota Previa/고정식	58.04	68.19	14,723 $1,003,978
고정식 중간합계	(210.23)	(224.95)	870,443 $28,051,053
Ford F150PU/조정식	28.11	33.03	723,867 $23,909,979
Dodge Caravan/조정식	35.51	41.72	268,238 $11,190,702
Town and Country/조정식	35.51	41.72	65,679 $2,740,081
Voyager/조정식	35.51	41.72	144,341 $6,021,806
Jeep Cherokee/조정식	31.98	37.57	134,031 $5,035,236
Isuzu PU/조정식	19.81	23.27	13,419 $312,294
Chevy Silverado/조정식	16.86	19.81	40,890 $809,855

Head Restraints System	소비자비용 ($1993)	소비자비용 ($2002)	1998년식 모델 판매량
Sierra/CK Pickup/조정식	16.86	19.81	586,778 $11,621,549
조정식 중간합계	(220.15)	(258.65)	1,977,243 $61,641,502
총합계	(411.6)	(483.6)	2,847,686 $89,692,554

표 7-2 머리지지대의 인치당 비용

Head Restraints System	총소비자비용 (운전석+ 승객용 앞좌석)	Net Cost (조립비용 등 제외)	머리지지대 높이(인치)	인치당 소비자비용
Chevy S10/Sonoma PU/ 고정식	31.12	28.04/2=14.12	11	$1.27/inch 264,797 $337,552
Ford Econoline/고정식	28.63	27.48/2=13.74	10.75	$1.28/inch 156,924 $200,631
Ford Explorer Mountaineer/고정식	33.04	32.28/2=16.14	9.75	$1.65/inch 433,999 $718,239
Toyota Previa/고정식	68.19	56.46/2=28.23	9	$3.14/inch 14,723 $46,184
중간합계				870,443 $13,026,074
Ford F150PU/조정식	33.03	21.60/2=10.80	9	$1.20/inch 723,867 $868,343

Head Restraints System	총소비자비용 (운전석+ 승객용 앞좌석)	Net Cost (조립비용 등 제외)	머리지지대 높이(인치)	인치당 소비자비용
Dodge Caravan Voyager Town Country/조정식	41.72	30.36/2=15.18	4.75	$3.20/inch 478,258 $1,528,205
Jeep Cherokee/조정식	37.57	31.58/2=15.79	7	$2.26/inch 134,031 $302,295
Isuzu PU/조정식	23.27	17.48/2=8.74	7 .75	$1.13/inch 13,419 $15,137
Chevy CK/Sierra Silverado/ 조정식	19.81	14.76/2=7.38	6.75	$1.09/inch 627,668 $686,032
중간합계				1,977,243 $3,400,011
총합계				2,847,686 $4,702,619

표 7-2의 데이터는 머리지지대의 인치당 평균비용을 계산하기 위한 것이다.

머리지지대의 인치당 가중평균비용($2002)은 이다.

고정식 머리지지대의 인치당 가중평균비용($2002)은

이다.

조정식 머리지지대의 인치당 가중평균비용($2002)은

이다.

위의 데이터로 알 수 있는 것은 고정식 머리지지대와 조정식 머리지지대의 인치당 비용은 거의 차이가 나지 않는다는 것이다. 머리지지대 1개당 평균비용은 $31.50와 머리지지대의 인치당 평균은 $1.65를 이 분석에서 사용하기로 한다.

표 7-1, 7-2, 7-3은 2004 최종규칙에서 제시한 머리지지대의 높이와 백셋과 1999년식 모델의 머리지지대의 높이와 백셋 간의 차이를 나타내고 있다. 예컨대, 1999년식 Toyata Camry의 경우 운전자 좌석의 머리지지대 높이는 30.75 inces 이다. 이는 2004 최종규칙에서 제안된 31.5 inches보다 0.75 inches 낮은 값이다.

머리지지대의 높이 상승에 따른 비용은 2004 최종규칙에서 제시한 앞좌석 머리지지대 높이 800mm, 뒷좌석 머리지지대 높이 750mm로 증가시키는 데 드는 비용이라고 전제한다. 머리지지대의 비용은 조정식과 고정식이 매우 유사하며, 실제 비용은 머리지지대의 높이를 올리거나 디자인을 변경시킬 때 든다고 여기며, 머리지지대 높이 최소요건을 준수하기 위해서 드는 추가적인 가변비용은 없다고 가정한다.

1998년 미국에서의 경차 판매량은 총 1천 5백 5십 5만 대를 기록하였다. 이중 8백 1십 4만 대가 승용차였으며, 7백 4십만 대가 트럭이었다. 이들 모든 차량들은 높이가 높아진 앞좌석 머리지지대를 가져야 한다. 표 7-2에서 보면 앞좌석 머리지지대 평균 높이가 새로운 기준을 준수하기 위하여 1.3 inches 높아졌다. 앞좌석 머리지지대의 높이를 1.3 inches 높이기 위하여 증가된 비용은 차량 당 $4.29/inch였다(1.3 inches × 머리받침대 2개 × $1.65). 결론적으로, 총 6천 6백 7십만 달러 × 갛갱갛갛갱 비용이 든 것이다.

1999년식 모델 중 약 41%가 뒷좌석 머리지지대를 가지고 있었으며 20%는 뒷좌석 자체가 없었다(예, 뒷좌석 없는 픽업트럭). 그러므로, 만약 머리지지대가 요구된다면, 픽업트럭을 제외한 차량의 약 39%는 새로운 뒷좌석 머리지지대를 설치할 필요성이 생기게 되고, 기존의 약 41%는 뒷좌석 머리지지대 높이를 증가시켜야 한다. 현재 차량들에서 발견된 고정식 머리지지대와 조정식 머리지지대 간의 비율이 머리지지대를 새로 설치하거나 높이를 높이는 차량들에게도 그대로 적용될 것이라고 가정한다.

대안 1 : 높이 700mm 이상인 뒷좌석은 최저 높이를 750mm로 해야 한다.

고정식 및 조정식 머리지지대의 높이를 1.25 inches 증가시키는 데 드는 비용은 약 1천 2백 8십만 달러($12.8 million)이다 × × × × × .

의 차량이 이 범주에 해당한다.

대안 2 : 모든 뒷좌석은 반드시 750mm 이상이 되어야 한다. 조정식 머리지지대의 높이를 0.935 inches 증가시키는 데 드는 비용은 약 1천 2백 8십만 달러($12.8 million)이다.

× × × × ×

33%의 차량이 조정식 머리지지대를 보유하고 있다고 가정한다.

고정식 머리지지대 높이를 새로운 기준(3.06 inches)에 맞추기 위한 비용은 약 4천 1백 8십만 달러($41.8 million)이다 × × × × × .

결과적으로, 총비용은 1억 8백 9십만 달러($108.9 million)이다

걍갱걍걍갱겄쟈

대안 3 : ECE 규정에 따라, 700mm 이상인 뒷좌석은 최저 높이를 750mm로 해야 하며, 앞좌석은 800mm 이상이며 백셋 관련 규정은 없

다. 고정식 및 조정식 머리지지대의 높이를 1.25 inches 증가시키는 데 드는 비용은 약 1천 2백 8십만 달러($12.8 million)이다 × × × × × .

대안 4 : 고정식 및 조정식 머리지지대의 높이가 700mm 이상 하나라도 존재하면 반드시 머리지지대의 높이를 700mm 이상으로 해야 한다. 고정식 및 조정식 머리지지대의 높이를 1.25 inches 증가시키는 데 드는 비용은 약 1천 2백 8십만 달러($12.8 million)이다 × × × × × .

표 7-3 가장 높은 뒷좌석 머리지지대 높이

차량종류	머리지지대 유형	머리지지대 최고높이 (Inches)
Toyota Camry	Adjustable	29.8
Saab 9-5	Fixed	31.3
Jeep Grand Cherokee	Adjustable	28.13
Dodge Caravan	Adjustable	27.63
Ford Explorer	Adjustable	29.0

표 7-3은 2004 최종규칙에서 제안된 뒷좌석 머리지지대 정의에 따르는 차량의 대표적인 예를 제시하고 있다. 12종류 차량의 뒷좌석 머리지지대 높이를 측정하였는바, 그 중 5종류의 차량은 어떤 조정된 위치에서든 700 mm의 좌석등받이 높이 또는 머리지지대 높이를 보유하였다. 5종류의 차량은 뒷좌석 머리지지대를 보유하고 있는 차량의 41.7%( )에 해당한다. 이 차량들의 뒷좌석 머리지지대는 2004 최종규칙을 준수하기 위하여 최소 높이인 750mm(29.5 inches)를 가지도록 수정되어져야 한다.

NHTSA는 머리지지대에 잠금장치가 없는 차량들에게 잠금장치를 추가적으로 설치하는 데 드는 비용은 매우 작을 것이라고 또한 믿는다. 잠금장치는 높이를 조정하여 고정하기 위한 간단한 장치인데, 이를 추가하는 데 드는 비용은 머리지지대 1개당 단지 $0.16일 것으로 예측된다. 14종류의 차량에 대한 조사에서는 조정식 머리지지대에 잠금장치가 있는 경우는 50%로 나타났다(앞좌석에서는 이었으며, 뒷좌석은 이었다). 조사한 차량들의 70%(표 7-2)는 앞좌석에 조정식 머리지지대를 보유하고 있으며, 뒷좌석이 있는 차량(모든 차량에서 차지하는 비율은 80%) 중에서 다시 33%는 뒷좌석에 조정식 머리지지대가 설치되어 있었다. 이들 차량에 대한 잠금장치에 드는 예상 비용은 다음과 같다.

차량 1대당 드는 비용(앞좌석) : × ×
전체비용(앞좌석) : × 걓갱걓걓갱겄쟢 걓갱걓걓갱겄쟢
차량 1대당 드는 비용(뒷좌석) : × ×
전체비용(뒷좌석) : × × 걓갱걓걓갱겄쟢 걓갱걓걓갱겄쟢
그러므로, 머리지지대 잠금장치에 드는 총비용은 걓갱걓걓갱겄쟢 걓갱걓걓갱겄쟢 걓갱걓걓갱겄쟢

NHTSA는 잠금장치 설치로 인한 긍정적인 효과가 많을 것으로 믿고 있다. 그러나, 잠금장치설치로 인한 편익에 대한 계산을 NHTSA가 하는 것은 현재로는 불가능하다.

그리고, 조정식 머리지지대를 앞쪽으로 기울게 하는(tilt forward) 메커니즘이 추가 비용없이 원하는 위치에 머리지지대를 고정하도록 쉽게 디자인될 수 있다고 여겨진다.

2004 최종규칙을 준수하기 위하여 머리지지대 개선에 드는 총비용은

앞좌석 머리지지대 : 6천 6백 7십만 달러
뒷좌석 머리지지대 : 1천 2백 8십만 달러
잠금장치 : 4백 7십만 달러
총합계 : 8천 4백 2십만 달러

앞좌석에 관련된 비용은 7천 1십만 달러(6천 6백 7십만 달러+3백 4십만 달러)이고 뒷좌석에 관련된 비용은 1천 4백 1십만 달러(1천 2백 8십만 달러+1백 3십만 달러)이다. 차량 1대당 평균비용은 다음과 같이 예측된다.

앞좌석 : $4.51

뒷좌석 : $1.13 × ×

차량당 평균비용 : $5.42

NHTSA는 백셋 요건으로 인한 추가비용은 존재하지 않을 것이라고 예상한다. 또한 머리지지대의 높이를 올리고 백셋을 줄이기 위해서 디자인을 개선하는 데는 약간의 비용이 들 것이다. 그러나, 백셋 요건은 머리지지대의 비용을 증가시키기 않고서 머리지지대의 높이가 증가되는 것과 동시에 실행될 수 있는 디자인 변경이라고 NHTSA는 믿고 있다.

그래서, NHTSA는 백셋 요건을 추가하는 것은 승인검사(certification testing)에 중대한 비용을 추가하지 않을 것으로 결론내리고 있다. 브리티시 콜럼비아 보험회사(Insurance Corporation of British Columbia, ICBC)에서 머리형태의 테스트 장비(head form test device)에 관한 지출 $7,250이 있었다. 이 테스트에서 대략 45분을 소요하여 좌석 한 개의 위치를 측정하였으며, 이 때 드는 비용은 시간당 $34였다. 그러므로, 차량 한 대당 평균 $102의 비용이 산출된다 × × 걿갂갌걽걿

NHTSA는 SUV와 minivan의 경우 일부 뒷좌석 또는 일부 뒷좌석 머리지지대를 재디자인 하는데 추가비용이 들 것이라고 믿는다. NHTSA는 또한 만약 자동차제조업체가 머리지지대를 이러한 위치에 계속하여 설치한다면, 일부 hatchbag 또는 station wagon(좌석 개폐식 자동차)의 경우도 일부 뒷좌석 또는 일부 뒷좌석 머리지지대를 재디자인 하는데 추가비용이 들 것이라고 믿는다. 일부 SUV와 minivan은 짐칸의 공간 활용도를 높이기 위해서 접이식 좌석(foldable seats)을 설치하고 있으며, 뒷좌석에 옵션으로 머리지지대를 설치하도록 하는 새로운 요건이 접이식 좌석을 앞으로 접지 못하도록 한다면 문제에 직면할 수 있게 된다. 따라서, 좌석이 평평하게 접혀질 수 있도록 이러한 머리지지대는 다시 디자인될 필요가 있다.

이들 차량의 재디자인 비용을 예측하기는 힘들다. 왜냐하면, 이러한 차량의 수는 매우 적고, 또한 차량이 다양하기 때문에 디자인을 다시 하는데 일관적인 방법이 존재하지 않기 때문이다. NPRM에 대해 어떠한 코멘트 제출자들도 이러한 잠재적 재디자인을 위한 비용예측을 제공하지 않았다. 비용은 제조업자들의 선택이 있을 때에만 발생될 것이다.

Ⅷ. 비용효과성(비용-효과분석)

여기서는 지출된 1달러당 예방된 부상예측치 간의 비교를 제공하기 위하여 비용과 편익을 결합시킨다.[60] 여기서 주목해야 할 것은 비용은 차량의 구입시 발생하지만, 편익은 차량의 사용기간 동안 내내 발생하는 것이다. 그러므로, 편익은 현재 값을 나타내기 위하여 할인되어야 하고 비용과 공통의 기준에 놓아져야 한다.

일부의 경우에, 비용이 경제적 편익을 능가할 수도 있다. 이러한 경우에는, equivalent fatality 당 순비용(net cost)을 추론하는 것이 필요하다. Equivalent fatality는 예방된 사망과 비사망의 합계로 정의되고, 이것의 수치가 fatality equivalents로 변환된다. 이 변환은 “지불의사액”(willingness tp pay)이라는 방법을 사용하여 측정된 사망과 부상의 상대적 가치를 측정하여 이루어진다. 이러한 접근방법은 훨씬 더 위험한 직업에 대하여 더 많이 지급하는 것과 같이 사회적 행동측정(societal behavioral measures)에 기초한 사망 또는 부상의 위험을 회피하기 위하여 기꺼이 지불하고자 하는 개인의 의지를 측정한다.

표 8-1은 부상의 정도를 구분하고 그 부상을 예방하기 위하여 지출된 비용을 전체 비용에 대한 퍼센트 확률로 나타내고 있다. 이 데이터는 사고로 인한 모든 연령대의 평균적인 비용을 계산한 것이다. AIS는 부상 부위에 의한 구분으로 각 개인의 부상을 6 가지로 분류하여 나타낸다. 과거에는 목부상은 머리, 얼굴, 목에 대한 상대적 비용으로 계산한 MAIS(Maximum Abbreviated Injury Scale) 1로 분류되었다. 그러나 이 분석에서는 MAIS 1의 데이터에 관한 파일을 이용하여 구체적인 목부상에 관한 비용을 예측하였다. 이 분석에서 MAIS 1 목부상 비

60) 2007 최종규칙에서 2004 최종규칙에 추가하여 비용을 계상하는 항목은 없다. NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation-National Center for Statistics and Analysis), FMVSS No. 202a Head Restraints 48-59, April 2007 참조.

용은 $9,566임을 알았다. 이 값은 부상으로 인한 경제적 손실 $6,550과 그로 인해서 삶의 질에 미치는 비용 $3,016을 포함하는 값이다. 사고로 인한 부상에 드는 종합적인 비용에 대한 산출근거자료는 “The Economic Impact of Motor Vehicle Crashes 2000”, page 62에 있다.

표 8-1의 0.0029는 전체 부상 중에서 목부상이 차지하는 비율로 그 계산은 와 같은 과정으로 계산되었다. 그리고, 2000년 소비자물가지수(consumer price index, CPI)는 172.2이며, 2002년 소비자물가지수는 179.9이므로, 2000년 자료인 $9.566의 값을 2002년의 값으로 계산해야 한다. 그러므로, × 가 된다. $9,994는 부상으로 인한 경제적 손실 $6,843과 그로 인해서 삶의 질에 미치는 비용 $3,151을 포함하는 값이다.

표 8-1 Comprehensive Fatality and Injury Relative Values

부 상 정 도	2000 Relative 값(per Injury)
MAIS 1	0.0029(only valid for whiplash injury)
MAIS 2	0.0458
MAIS 3	0.0916
MAIS 4	0.2153
MAIS 5	0.7124
Fatals(사망)	1.000
* 부상으로 인한 경제적 손실과 그로 인해서 삶의 질에 미치는 비용을 포함한다.	

표 8-1은 머리지지대에 대한 높이와 백셋의 변화에 따른 equivalent fatality 예측값을 나타낸다. 약 345 목부상 건수가 1 fatality와 동등한 것으로 예측되고 있다(345 목부상 건수가 발생하면 1건의 사망이 있다고 예측).

표 8-2 대안 1 : Equivalent Fatalities

Injury Benefits		Equivalent Fatalities
앞좌석	15,272	44.27
뒷좌석	1,559	4.52
합 계	16,831	48.79

표 8-2(a) 대안 3 : Equivalent Fatalities

Injury Benefits		Equivalent Fatalities
앞좌석	8,050	23.34
뒷좌석	1,559	4.52
합 계	9,609	27.86

다음은 머리지지대로 인한 1 Equivalent Fatality에 해당하는 비용을 계산하는 과정을 나타낸 것이다. 다음의 값들은 할인(discounting)하지 않은 값이다.

대안 1:

앞좌석 머리지지대 걓갱걓걓갱겄쟌 걓갱걓걓갱겄쟌

뒷좌석 머리지지대 걓갱걓걓갱겄쟌 걓갱걓걓갱겄쟌

총 걓갱걓걓갱겄쟌 걓갱걓걓갱겄쟌

대안 3:

앞좌석 머리지지대 걓갱걓걓갱겄쟌 걓갱걓걓갱겄쟌

뒷좌석 머리지지대 걓갱걓걓갱겄쟌 걓갱걓걓갱겄쟌

총 걗갱걗걗갱겄쟌 걗갱걗걗갱겄쟌

"미국 정부의 규제 프로그램"의 부록 5는 규제영향분석에 관한 지침들을 규정하고 있다.[61] 그 지침들 가운데 하나는 비교가능 하도록 상이한 년도에 발생하는 비용과 편익의 금전적 가치를 현재가치로 할인하는 것을 다루고 있다. 역사적으로, NHTSA는 비용과 편익이 본질상 금전적일 때 장래의 비용과 편익을 할인하여 오고 있다. 예컨대, NHTSA는 안전성 대책에 의해 야기된 증가된 중량으로 인한 연료소비에 있어서 장래 증가치, 또는 후면 중앙 상단 정지등(center high-mounted stop lamps)과 같은 추돌 회피기준이 추돌건수를 감소시켰을 때 추돌로 인한 재산상 손해배상 비용에 있어서 장래 감소치를 할인하여 오고 있다. NHTSA는 사망과 부상에 대하여 달러가치를 부여하고 있지는 않는다. 그래서, 그러한 편익은 할인되어지지 않고 있다. 즉, NHTSA는 달러로 계량화할 수 없는 편익에 대해서는 할인하지 않는다. 그 대신, NHTSA는 앞에서 나타났듯이, equivalent life saved 당 비용에 관한 예측에서 결과하는 비용-효과분석(cost-effectiveness analysis)을 수행한다. 그 지침들은 다음과 같이 기술하고 있다: "사회에 대한 모든 잠재적 실제 증가편익을 가능한 최대한 금전적 단위로 계량화하기 위한 노력이 행해져야 한다." 비용-효과분석의 목적을 위하여, 관리예산청(Office of Management and Budget, OMB)은 미래의 비용과 편익을 현재 가치에 맞게 할인하도록 NHTSA에게 요청하고 있다.

할인율을 결정하기 위한 적절한 기준은 일실(lost) 또는 대체된(displaced) 자금의 한계기회비용(marginal opportunity cost)이다는 것이 경제학계 내에서 일반적 의견이다. 이러한 자금이 자본투자(capital investment)를 포함할 때에는, 그 자본에 대한 한계 및 실제 이자율도 고려

61) Appendix Ⅴ of the "Regulatory Program of the United States Government", April 1, 1990 - March 31, 1991.

되어야 한다. 그러나, 이러한 자금이 현재 소비의 일실을 나타낼 때에는, 적절한 측정방법은 사회가 현재 소비와 장래 소비를 상계하기를 원하는 비율(rate, 할인율)이 된다. 이것이 자금의 기회비용적 성격을 고려한 “사회의 시간선호 할인율”(social rate of time preference)로 일컬어지며, 소비자 할인율(consumption rate of interest)이 그 가치에 관한 적절한 측정방법이라고 일반적으로 가정되어지고 있다.

사회의 시간선호 할인율의 측정은 많은 학자들에 의해서 행해졌다. Robert Lind는 사회의 시간선호 할인율을 주식시장 포트폴리오와 미국 국채 이자율을 반영하여 0에서 6% 사이로 예측하였다.[62] 더욱 최근에는 Kolb and Sheraga는 주식과 3개월 만기 국채의 이자율을 고려하여 사회적 할인율을 1에서 5% 사이로 간주하였다.[63] Moore and Viscusi는 연구기간 동안 자금시장의 이자율에 일치하는 것으로 성격지운 건강에 관한 연구에서 적용할 할인율값을 2%로 계산하였다.[64] Moore and Viscusi의 계산은 근로자들의 직업의 위험에서 나타난 건강편익의 유예(deferred health benefits)에 대한 암묵적 할인율을 예측함으로써 추론된 것이었다.

세 가지 서로 다른 할인율이 민감도 분석(sensitivity analysis)으로 나타내어진다. 2%와 4%의 할인율은 건강과 소비에 관하여 서로 다른

62) Lind, RC, “A primer on the Major Issues Relating to the Discount Rate for Evaluating National Energy Options”, in Discounting for Time and Risks in Energy Poicy, 1982, (Washington, D.C., Resources for the Future, Inc.). Lind에 따르면 다음과 같은 다섯 가지 개념들이 사회적 할인율(social discount rate, SDR)의 선택에 직접적으로 관련되어 있다: ① 사회의 시간선호 할인율: 사회가 현재와 미래소비를 교환하는 비율, ② 소비자 할인율: 개인 소비자가 현재와 미래소비를 교환하는 비율, ③ 한계수익율(marginal rate of return): 민간부문투자의 수익률, ④ 공공투자의 기회비용: 공공투자의 결과 희생된 민간소비와 투자의 가치, ⑤ 위험(risk): 정부행위의 결과의 불확실성 정도. 김태윤・김상봉, 비용・편익분석의 이론과 실제, 박영사, 2004, 16면.

63) J. Kolb and J.D. Sheraga, “A Suggested Approach for Discounting the Benefits and Costs of Environmental Regulations”, unpublished working papers.

64) Moore, M.J., and Viscusi, W.K., “Discounting Environmental Health Risks: New Evidence and Policy Implications”, Journal of Environmental Economics and Management, V.18. 2, March 1990, part 2 of 2.

사회적 할인율의 예측을 나타낸다. 7%의 할인율은 현재 OMB의 요건이며, 최근 민간부문에서 평균 투자에 관한 세전 한계 할인율(marginal pretax rate of return)을 나타낸다.

안전에 관한 편익(safety benefits)은 차량의 운행(lifetime) 동안 언제든 있을 수 있는 차량 충돌로 인하여 탑승객이 다치거나 사망에 이르렀을 때 발생한다. 이 분석을 위하여, NHTSA는 가중치를 적용한 차량의 연간 운행거리의 분포가 그 차량의 운행 동안 있을 충돌의 분포를 위한 적절한 대체적 측정방법이라고 가정한다. 즉, NHTSA는 가중치를 적용한 연간 운행거리에 대한 값을 구하여 차량의 수명에 대신 적용할 수 있게 한다(표 8-3(a)와 표 8-3(b)).

표 8-3(a) 경트럭 운행거리와 할인요소(Light Trucks Vehicle Miles Traveled and Discount Factor)

Light Truck						
Vehicle Age (Years)	Vehicle Miles Traveled	Survival Probability	Weighted Vehicle Miles Traveled	Fraction of Total VMT	7% Mid-Year Discount Factor	7% Present Discounted Value Factor
.....	.....	.....	.....	.....	.....	
1	12,885	0.998	12,859	0.0839	0.9667	0.0811
2	12,469	0.995	12,407	0.0809	0.9035	0.0731
3	1,2067	0.989	11,934	0.0778	0.8444	0.0657
4	11,678	0.980	11,444	0.0746	0.7891	0.0589
5	11,302	0.967	10,929	0.0713	0.7375	0.0526
6	10,938	0.949	10,380	0.0677	0.6893	0.0467
7	10,585	0.924	9,781	0.0638	0.6442	0.0411
8	10,244	0.894	9,158	0.0597	0.6020	0.0360
9	9,914	0.857	8,496	0.0554	0.5626	0.0312
10	9,594	0.816	7,829	0.0511	0.5258	0.0268
11	9,285	0.795	7,382	0.0481	0.4914	0.0237

Light Truck						
Vehicle Age (Years)	Vehicle Miles Traveled	Survival Probability	Weighted Vehicle Miles Traveled	Fraction of Total VMT	7% Mid-Year Discount Factor	7% Present Discounted Value Factor
12	8,985	0.734	6,595	0.0430	0.4593	0.0198
13	8,696	0.669	5,818	0.0379	0.4292	0.0163
14	8,415	0.604	5,083	0.0332	0.4012	0.0133
15	8,144	0.539	4,390	0.0286	0.3749	0.0107
16	7,882	0.476	3,752	0.0245	0.3504	0.0086
17	7,628	0.418	3,189	0.0208	0.3275	0.0068
18	7,382	0.364	2,678	0.0175	0.3260	0.0057
19	7,144	0.315	2,250	0.0147	0.2860	0.0042
20	6,913	0.217	1,873	0.0098	0.2673	0.0026
21	6,691	0.232	1,552	0.0101	0.2498	0.0025
22	6,475	0.196	1,269	0.0083	0.2335	0.0019
23	6,266	0.169	1,059	0.0069	0.2182	0.0015
24	6,064	0.143	867	0.0057	0.2.39	0.0012
25	5,869	0.121	710	0.0046	0.1906	0.0009
			.....	.....		
			153,706	1.0000		0.6315

표 8-3(b) 승용차 운행거리와 할인요소(Passenger Cars Vehicle Miles Traveled and Discount Factor)

Passenger Car Vehicle Age		Survival	Weighted	Fraction of	7% Mid-Year Discount	Present Discount
(Years)	VMT	Probability	VMT	VMT	Factor	Value Factor
1	13533	0.995	13465.3	0.1063	0.9667	0.1028
2	12989	0.988	12833.1	0.1013	0.9035	0.0915
3	12466	0.978	12191.7	0.0962	0.8444	0.0813

Passenger Car Vehicle Age		Survival	Weighted	Fraction of	7% Mid-Year Discount	Present Discount
(Years)	VMT	Probability	VMT	VMT	Factor	Value Factor
4	11964	0.962	11509.4	0.0909	0.7891	0.0717
5	11482	0.938	10770.1	0.0850	0.7375	0.0627
6	11020	0.908	10006.2	0.0790	0.6893	0.0544
7	10577	0.870	9202.0	0.0726	0.6442	0.0468
8	10151	0.825	8374.6	0.0661	0.6020	0.0398
9	9742	0.775	7550.1	0.0596	0.5626	0.0335
10	9350	0.721	6741.4	0.0532	0.5258	0.0280
11	8974	0.644	5779.3	0.0456	0.4914	0.0224
12	8613	0.541	4659.6	0.0368	0.4593	0.0169
13	8266	0.445	3678.4	0.0290	0.4292	0.0125
14	7933	0.358	2840.0	0.0224	0.4012	0.0090
15	7614	0.285	2170.0	0.0171	0.3749	0.0064
16	7308	0.223	1629.7	0.0129	0.3504	0.0045
17	7014	0.174	1220.4	0.0096	0.3275	0.0032
18	6731	0.134	902.0	0.0071	0.3260	0.0023
19	6460	0.103	665.4	0.0053	0.2860	0.0015
20	6200	0.079	489.8	0.0039	0.2673	0.0010
		11.946	126678	1		0.6922

할인요소에 의해 매년 발생하는 차량의 총 운행거리의 퍼센티지를 곱하고 승용차의 경우 20 또는 LTVs의 경우 25에 대한 퍼센티지를 더하면, 승용차와 경트럭의 평균이 2% 할인율일 때 0.8766, 4% 할인율일 때 0.7775 그리고 7% 할인율일 때 0.6618이 된다. 이 값들은 현재 값을 결정하기 위하여 equivalent lives saved에 의해 곱해지게 된다. 예컨대, 후면추돌시 앞좌석 머리지지대 높이를 올림으로 인해서 얻게 되는 equivalent life saved를 2%로 할인한 값은 × 로 계산된다(표 8-4(a)). 그러므로, 승용차와 경트럭의 1 equivalent life saved에 해당하는 비용은 다음과 같이 구할 수 있다.

걇갱걍걍갱걵쟈 걇갱걍걍갱걵쟈 , 걇갱걍걍갱걵쟈 , 걇갱걍걍갱걵쟈

걇갱걍걍갱걵쟈 걇갱걍걍갱걵쟈

위의 값은 아래 표 8-4(a)를 참고.

표 8-4(a) 대안 1: Equivalent Lives Saved

Base Equivalent	2 퍼센트	4 퍼센트	7 퍼센트
	x 0.8766	x 0.7775	x 0.6618
Front 44.27	38.82	34.44	29.31
Rear 4.52	3.96	3.51	2.99
Total 48.79	42.77	37.93	32.29

표 8-4(b) Discounted Costs per Equivalent Life Saved(Million)

Base Equivalent	Undiscounted	2 퍼센트	4 퍼센트	7 퍼센트
앞좌석 $70.1	$1.58	$1.81	$2.04	$2.39
뒷좌석 $14.1	$3.12	$3.56	$4.01	$4.71
총 계 $84.2	$1.71	$1.97	$2.22	$2.61

표 8-4(c) 대안 3 : Equivalent Life Saved(Million)

Base Equivalent	2 퍼센트	4 퍼센트	7 퍼센트
	x 0.8766	x 0.7775	x 0.6618
앞좌석 23.34	20.46	18.15	15.45
뒷좌석 4.52	3.96	3.51	2.99
총 계 27.86	24.42	21.66	18.44

표 8-4(d) 대안 3 : Discounted Costs per Equivalent Life Saved(Million)

Base Equivalent	Undiscounted	2 퍼센트	4 퍼센트	7 퍼센트
앞좌석 $70.1	$3.00	$3.43	$3.86	$4.54
뒷좌석 $14.1	$3.44	$3.56	$4.01	$4.71
총 계 $84.2	$3.07	$3.45	$3.89	$4.57

표 8-5(a) 서로 다른 옵션의 비용과 편익에 대한 개요

Assumption for rear seat requirement	인치	Number of Vehicles Involved	비용	편익	Costs per Equivalent Life Saved
뒷좌석 머리지지대(고정식 또는 조정식) 높이가 700 mm이상인 것이 존재하면, 머리지지대의 높이를 750 mm 이상으로 해야 한다.	29.5 인치, 조정식 머리지지대 3개를 높여야함	12대 중 5대가 여기에 관련됨. 이중에서 3대는 높이 증가 필요.	$14.12 million (높이+잠금장치)	1,559	$ 4.71 million
모든 차량은 반드시 750mm 기준에 따라야 한다.	29.5인치	12대 중 10대는 높이 증가 필요	$110 million (높이+잠금장치)	4,160	$ 13.78 million
ECE 규정에 따라, 700mm 이상인 뒷좌석은 최저높이를 750mm로 해야 하며, 앞좌석은 800mm 이상이며 백셋 관련 규정은 없다.	29.5인치, 3개의 조정식 머리지지대를 높여야 함	12대 중 5대가 여기에 관련됨. 이중에서 3대는 높이 증가필요.	$14.12 million (높이+잠금장치)	1,559	$ 4.71 million

Assumption for rear seat requirement	인치	Number of Vehicles Involved	비용	편익	Costs per Equivalent Life Saved
뒷좌석 머리지지대(고정식 또는 조정식) 높이가 700 mm 이상인 것이 존재하면 머리지지대의 높이를 700 mm 이상으로 해야 한다.	27.5인치	12대 중 5대가 여기에 해당함 - 조정식 머리지지대(4대) 고정식 머리지지대(1대)	$1.65 million (잠금장치)	1,051	$ 0.82 million

* 뒷좌석이 없는 20% 차량은 제외.

* 고정식으로 고려된 tilt head restraint를 위하여 잠금장치를 더함.

* 뒷좌석 탑승자의 신장을 위하여 750mm 일 때 60%의 편익을 적용함.

표 8-5(a)와 (b)는 위에서 언급한 4 가지의 옵션에 대한 내용을 나타내고 있다.

표 8-5(b) 서로 다른 옵션의 비용, 편익 그리고 Equivalent Life Saved 당 비용(Million)의 개요

Assumption for rear seat requirement		비용	편익	Costs per Equvalent Life Saved
뒷좌석 머리지지대(고정식/조정식) 높이가 700mm 이상인 것이 존재하면, 반드시 머리지지대의 높이를 750mm 이상으로 해야 한다.	앞좌석	$70.1	15272	$2.39
	뒷좌석	$14.1	1559	$4.71
	총 계	$84.2	16831	$2.61
모든 차량은 반드시 750mm 기준에 따라야 한다.	앞좌석	$70.1	15272	$2.39
	뒷좌석	$110.2	4160	$13.78
	총 계	$180.3	19432	$4.8

Assumption for rear seat requirement		비용	편익	Costs per Equvalent Life Saved
ECE 규정에 따라, 700mm 이상인 뒷좌석은 최저 높이를 750mm로 해야 하며, 앞좌석은 800mm 이상이며 백셋 관련 규정은 없다.	앞좌석	$70.1	8050	$4.54
	뒷좌석	$14.1	1559	$4.71
	총 계	$84.2	9609	$4.57
뒷좌석 머리지지대(고정식/조정식) 높이가 700mm 이상인 것이 존재하면, 반드시 머리지지대의 높이를 700mm 이상으로 해야 한다.	Front	$70.1	15373	$2.39
	Rear	$1.65	1051	$0.82
	총계	$71.75	16323	$2.29

참고로, NHTSA는 머리지지대에 관한 2004 최종규칙과 equivalent life saved 당 비용을 비교하기 위하여 뒷좌석 탑승자들의 보호를 요구하였던 이전 NHTSA 규칙제정들 가운데 몇 몇을 검토하였다. Equivalent life saved 당 비용이 평가되어 왔던 뒷좌석 탑승자들을 위한 구체적 요건들을 가지고 있었던 세 개의 NHTSA 규칙제정은 다음과 같다:

1) FMVSS 208은 뒷좌석 창측 탑승자에 대한 무릎/어깨 안전벨트 요건
2) FMVSS 214는 동적 옆면충돌 테스트에서 뒷좌석에 테스트 더미를 요구하는 승용차의 옆면충돌에 대한 탑승자 보호 요건
3) FMVSS 201은 뒷좌석 탑승자들 근처에 있는 공간을 포함하여 경차량들(light vehicles)의 실내 상단 주위에 있는 target points를 포함한 실내 상단 머리보호 요건

아래의 표 8-6은 위 3 가지 규정에 대한 분석 결과를 나타낸다.

FMVSS 208의 equivalent life saved 당 비용은 뒷좌석에서의 안전벨트 사용에 크게 의존하였다. NHTSA는 FMVSS 208이 뒷좌석에서 안

전벨트 사용을 증가시킬 수 있었고 equivalent life saved 당 비용을 감소시킬 수 있었다고 믿었다.

FMVSS 208과 FMVSS 201에서 equivalent life saved 당 높은 비용은 경트럭에 관한 것이지 경트럭과 승용차 모두에 해당하는 것이 아니었다는 것을 지적한다. 대안 2(모든 뒷좌석 머리지지대는 750mm로 해야 함)의 equivalent life saved 당 비용이 $13.78 million인 2004 최종규칙은 모든 승용차와 경트럭에 적용되는 것이다. 이 금액은 승용차와 경트럭을 합한 NHTSA에 의해 제정된 이전의 규칙제정들보다 훨씬 많은 것이다.

표 8-6 Cost per Equivalent Life Saved Estimates Involving the Rear Seats of Passenger Vehicle(2002년 달러, million)

	FMVSS 208 Rear Seat Lap/Shoulder Belts-Outboard	FMVSS 214 Passenger car Side Impact Proection	FMVSS 214 Upper Interior Head Protection
앞좌석 합계			0.53
승용차		0.62	0.52
경트럭			0.55
	15.7% to 70% 벨트사용		
뒷좌석 합계	5.65 to 1.28		4.42
승용차	4.91 to 1.10	3.91	2.87
경트럭	13.88 to 3.28		10.33
앞좌석과 뒷좌석			0.92
승용차		0.97	0.88
경트럭			0.96

Ⅸ. 2004 최종규칙과 규제영향분석법률간 관계

법률에서 규정하고 있는 규제영향분석요건을 2004 최종규칙 제정시 NHTSA가 어떻게 충족하고 있는가를 여기서 고찰한다. 「소기업에 대한 공정한 규제집행법」(Small Business Regulatory Enforcement Fairness Act, SBREFA)에 의해 개정된 규제유연성법(Regulatory Flexibility Act, RFA)상의 소기관들(small entities)에 대한 2004 최종규칙의 잠재적 영향과 「자금지원 없는 강제개혁법」(Unfunded Mandates Reform Act of 1995, UMRA)상의 주, 지방 그리고 부족 정부들과 사적 부문에 관한 2004 최종규칙의 영향 등을 고찰한다.

1. 규제유연성법(REGULATORY FLEXIBILITY ACT, RFA)

1980년의 RFA는 행정청으로 하여금 소기업, 소조직(small organizations)(독립적으로 소유 및 운영되며 독점적 지위를 갖지 않는 비영리 기업) 그리고 소정부(small government jurisdiction)(인구 50,000명 이하의 도시 등)에 대한 자신들의 규칙안과 최종규칙의 잠재적 효과를 평가하도록 요구한다. 행정청의 규칙안이 공표된다면 “상당한 수의 소기관들에게 중대한 경제적 영향”을 미치지 않을 것으로 확인되지 않는 한, 1차 규제유연성분석(preliminary regulatory flexibility analysis, PRFA)을 하여야 한다고 규정하고 있다(§ 605(b)).

RFA § 603은 행정청들로 하여금 소기업·소조직·소정부를 포함하는 소기관들(small entities)에 대한 규칙안의 영향을 기술하는 PRFA를 준비하고 공중의 코멘트를 받을 수 있도록 요구한다. § 603 (b)는 PRFA의 내용을 구체화 하고 있다. PRFA는 다음과 같은 사항들을 반드시 포함하여야 한다:

- 행정청이 행한 조치에 대한 이유에 대한 기술
- 규칙안의 목적과 법적 근거에 대한 간결한 진술
- 규칙안이 적용될 소기관들의 수에 대한 기술과 가능한 경우에는 그 수에 대한 예측
- 요건과 보고서 또는 기록의 준비를 위하여 필요한 전문적 기술의 유형에 구속받을 소기관들의 등급에 관한 예측을 포함하는 규칙안에 대한 계획된 보고, 기록보관 그리고 그밖의 준수 요건들에 대한 기술.
- 규칙안을 복사하거나 규칙안과 겹치거나 상충될 수 있는 모든 관련 연방 규칙들에 대한 실행가능한 범위까지의 확인

NHTSA는 RFA에 근거하여 이 규칙제정 행위의 효과를 고려하여 오고 있으며 여기서 2004 최종규칙은 상당한 수의 소기관들에 대하여 중대한 경제적 영향을 가지지 않는다는 것을 확인하였다.

2004 최종규칙은 자동차제조업체, 인테리어업체 그리고 시트업체에 직접 영향을 미치게 된다. 승용차와 경트럭 제조업체들에 대하여, NHTSA는 미국 내에는 단지 4개의 소규모 제조업체들만이 존재한다고 예측한다. 이 업체들은 시트제조업체들에게서 시트를 구입하여 설치한다. 그래서, 자동차시트를 다시 디자인하는 것은 시트제조업체들에 의해서 실질적으로 이루어 질 것이다.

약 30개의 시트제조업체들이 미국에 존재한다. 이들 중 대부분이 소기업들이다. 2004 최종규칙은 머리지지대 요건을 변경함으로써 이러한 소기업들에 대하여 영향을 가질 것으로 기대된다. 그러나, 조정식 및 고정식 머리지지대의 높이를 올리거나 혹은 백셋 규정을 준수하기 위해서 머리지지대의 디자인을 변경하는 것은 그다지 새롭거나 복잡한 것이 아니다. 이러한 기준을 준수하는 좌석들이 이미 존재한다. 그러나, 동시에 많은 제품들의 디자인을 변경하는 것은 이러한 소기업

들에게 부담을 야기할 수도 있다. NHTSA는, 그러나, 이것이 이러한 소기업들에 대하여 중대한 경제적 영향을 가질 것이라고 믿지는 않는다.

NHTSA는 최종 생산단계의 자동차제조업체들과 인테리어업체들은 이 2004 최종규칙에 의하여 영향을 받을 수도 있다고 지적한다. 대부분의 최종 생산단계의 제조업체들과 인테리어업체들은 한 시트제조업체로부터 시트를 구매하여 차량에 설치한다. 앞서 살펴본 바와 같이, 시트제조업체들에 대하여 2004 최종규칙이 중대한 경제적 영향을 미치지 않기 때문에, 마찬가지로 2004 최종규칙은 최종 생산단계의 자동차제조업체들과 인테리어업체들에 대하여 어떠한 중대한 영향도 가지고 있지 않는다.

소조직과 소정부는 심각하게 영향을 받지 않을 것이다. 왜냐하면, 이 조치와 결합된 잠재적 비용 영향은 새로운 자동차들의 가격에 대해 약간만 영향을 미치기 때문이다.

위에서 논의된 이유들로 인하여, 이 2004 최종규칙에 의해 가장 영향을 많이 받게 될 자동차제조업체들, 시트제조업체들, 최종 생산단계 제조업체들과 자동차인테리어업체들인 소기관들(small entities)에 대한 경제적 영향은 적을 것이라고 NHTSA는 믿는다.[65] 소규모 자동차제조업체들이 추가적 준수 비용에 직면할 수 있다고 하더라도, NHTSA는 시트제조업체들이 새로운 요건을 충족하기 위하여 필요한 엔지니어링 전문성을 많이 제공할 것이라고 믿는다.

65) 2007 최종규칙도 2004 최종규칙에 대하여 백셋에 관한 측정변수의 유연성(flexibility)을 제공하는 것 이외에는 어떠한 개정도 이루어지지 않았기 때문에, 실질적인 수의 소기관들에게 중대한 경제적 영향을 미치지 않을 것이라고 한다. NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation-National Center for Statistics and Analysis), FMVSS No. 202a Head Restraints 61, April 2007 참조.

2. 자금지원없는강제개혁법(UNFUNDED MANDATES REFORM ACT, UMRA)

UMRA는 NHTSA로 하여금 비용, 편익 그리고 2004 규칙안과 2004 최종규칙이 주는 영향에 관한 서면 평가를 하도록 하였다. 이 서면평가서에는 주(State), 지방정부 또는 부족정부 등에 의한 지출과 민간부문에 의한 연 1억 달러(기준연도 1995년) 이상의 지출을 포함하여야 한다.[66] 1억 달러를 2002년 GDP Deflator[67]를 사용하여 인플레이션을 반영한 가치로 환산하면 갸갱갸갸갱겂갸× 이갸갱겂갸 된다.

NHTSA는 49 U.S.C. §§ 322, 30111, 30115, 30117, 30166과 49 CFR § 1.50에 근거하여, 앞좌석 머리지지대의 높이는 800mm(31.5 inches)

---

66) 1995년 UMRA Title II는 연방 행정청들로 하여금 주, 지방, 그리고 부족 정부들과 사적 부문에 대한 자신들의 규제 조치들의 효과를 평가하기 위한 요건들을 규정하였다. UMRA § 202(2 U.S.C. § 1532)에 근거하여, NHTSA는 “주, 지방, 부족 정부들 전체에게 1년 동안 1억 달러 또는 그 이상의 비용을 초래할 수 있는, 또는 사적 부문에 1년 동안 1억 달러 또는 그 이상의 비용을 초래할 수 있는 모든 연방 강제를 포함하는” 모든 규칙안 또는 최종규칙에 대하여 비용-편익분석을 포함하는 진술서를 준비하여야 한다. “연방 강제(Federal mandate)”는 § 421(6)(2 U.S.C. § 658(6))에 따라 “연방 정부간 강제”와 “연방 사적 부문 강제”를 포함하는 것으로 정의된다. “연방 정부간 강제”는 연방지원을 조건으로 하는 의무를 제외하고 “주, 지방, 또는 부족 정부들에 대하여 강제집행할 수 있는 의무를 부과하는”(§ 421(5)(A)(i), 2 U.S.C. § 658(5)(A)(i)) 규칙을 포함하는 것으로 정의된다. “연방 사적 부문 강제”는 특정 예외를 가지고 사적 부문에 대해 강제집행할 수 있는 의무를 부과하는 규칙을 포함한다(§ 421(7)(A), 2 USC § 658(7)(A)). NHTSA가 규칙을 공표하기 이전에 UMRA는 NHTSA로 하여금 합리적 수의 규제 대안들을 확인하고 고려하여 규칙의 목적을 달성하는데 가장 비용이 적게 들고, 가장 비용-효과적이거나 가장 부담이 적은 대안을 선택할 것을 요구한다.

67) GDP Deflator = $\frac{\text{명목}}{\text{실질}} \times$

즉, 1995년의 물가를 기준값인 100으로 하였을 때, 2002년 명목 GDP가 110.66이고 2002년 실질 GDP가 98.11이면 2002년 GDP 디플레이터는 (110.66/98.11)×100 = 112.7이다. 즉, GDP 디플레이터가 112.7이라는 것은 1995년도의 물가에 비해 2002년 물가가 12,7% 상승했다는 것을 의미한다.

이상이 되어야 하고 뒷좌석 머리지지대의 높이는 750mm(29.5 inches) 이상이 되어야 하고, 백셋은 55mm 이하가 되도록 요구하는 2004 최종규칙을 제정하고 있다.

2004 최종규칙은 승객용 자동차로 여행하는 사람들의 안전성을 향상하게 될 것이다. 이 2004 최종규칙으로 인해서 예상되는 총비용은 대략 8천 4백 2십만 달러이다.[68)]

따라서, 2004 최종규칙은 부족 정부를 포함하여 소정부에 중대하게 또는 소정부에게만 영향을 미칠 수 있는 어떠한 규제 요건들도 직접적으로 설정하지는 않는다. 그래서, 2004 최종규칙에 따라, NHTSA는 UMRA § 203에 근거하여 소정부 행정청 계획을 개발할 의무는 없다.

68) 2007 최종규칙도 2004 최종규칙에 대하여 어떠한 추가비용도 요구하지 않기 때문에 달러 인플레이션만 고려하여 9천 9백 9구십만 달러(2005년 달러 기준)가 된다.

X. 차량의 중간 좌석에 위치하는 머리지지대의 비용과 편익

NHTSA는 차량의 중간 좌석에 머리지지대를 설치하는 데에 관한 영향에 대해서 검토해 왔다. 다음은 이에 관한 분석내용이다.

1. 비 용

앞에서 언급했듯이 고정식 머리지지대와 조정식 머리지지대는 그 설치비용(inch 당)에 있어서 거의 차이가 나지 않는다. 머리지지대의 평균 비용은 머리지지대 1개당 $15.75 비용이 들며, 이것을 1 인치(inch)당 비용으로 환산하면 $1.65이다. 이 1 inch 당 비용이 여기서 사용된다.

경차(light vehicle fleet)의 약 20%는, 3.11million × 갸갱갸갰대,갱걵갸 앞좌석의 중간에 머리지지대를 설치하도록 요구되어 진다. 머리지지대의 개당 평균비용은 $15.75이다. 만약 NHTSA가 앞좌석 머리지지대와 같은 높이로 앞좌석 중간의 머리지지대 높이가 800mm 이상으로 설치되도록 요구한다면, 800mm (31.3 inches) 요건을 충족하기 위하여 평균 33mm(1.3 inches)를 더 높여야 한다. 33mm(1.3 inches)를 더 높이는데 드는 평균비용은 $2.15(1.3 x $1.65)이다. 따라서, 가운데 좌석의 머리지지대의 높이에 관한 비용을 포함한 비용은 $17.90($15.75+$2.15)이다. 이것을 전체비용으로 환산하면 $55.67million 갸갱갸갸갱걵갸 갸갦갱갰이갸갸 × 된다.

표 10-1로부터 뒷좌석에 조정식 머리지지대를 가지고 있지 않은 차량들을 조사함으로써, 뒷좌석 중간에 머리지지대를 설치하기 위하여 필요한 추가높이가 결정되었다(표 10-1).

표 10-1 차량 뒷좌석 중간에 조정식 머리지지대가 없는 차량

Vehicles	Inches to be raised	1998 Sales	Sales Weighted Inches
Accord	4.75	401071	1905087
Neon	4.75	78533	373032
Lumina	7.375	177631	1310029
Cavalier	2.435	256099	623601
Malibu	6.5	223703	1454070
Calillac	4.935	182151	898915
합 계	평균 4.976	1319188	6564734

* 4.976인치(6,564,734/1,319,188)는 판매량에 따른 가중치를 적용한 평균값이다.

미국 내 경차량 판매량은 1998년 기준 15.55 million 대이다. 그 중에서 8.14 million은 승용차이며 7.40 million은 트럭 판매량이다. 이들 차량의 약 79%는(차량 중 일부는 뒷좌석이 아예 없거나 중간좌석이 아예 없는 것도 있다) 뒷좌석 중간 좌석에 머리지지대가 설치되어야 할 것이다. 뒷좌석 중간좌석의 높이를 올려야 하는 차량의 수는 대략 12.29 million × 대이며, 상승 높이는 127mm(5 inches)이다. 그러므로, 이때 드는 비용은 차량 1대당 대략 $8.25 × 이다. 이것을 전체비용으로 환산하면 $101.39million 갸갱갸갸갱걶걋 갃갢갱갌갸갃× 이 된다. 그리고 잠금장치를 설치하는데 드는 추가비용은 $0.16이다. 그러므로, 앞좌석 중간좌석에 잠금장치를 추가했을 때 드는 총비용은 $0.5 million × 갸갱갸갸갱걶걋×이다. 마찬가지로, 뒷좌석 중간좌석에 잠금장치를 추가했을 때 드는 총비용은 $2.0million × 갸갱갸갸갱걶걋× 이다. 따라서, 잠금장치를 설치하는데 소요되는 총비용은 $2.5 million이다.

그리고, 앞 및 뒷좌석 중간좌석에 머리지지대를 설치하는 총비용은 $159.56($55.67+$101.39+$2.5) million이 된다.

2. 편 익

표 10-2 중간좌석에서의 목부상 건수(Tow-Away Crashes in NASS-CDS 1988-1996)

Body-type	좌석위치	Whiplash raw	Annual Average Whiplash Weighted
Car	앞좌석 가운데	2	133
Light Truck	앞좌석 가운데	2	316
중간합계		4	449
Car	뒷좌석 가운데	7	1,363
Light Truck	뒷좌석 가운데	2	149
중간합계		9	1,512
총 계		13	1,961

경찰에서 문서로 작성된 견인된 차량의 앞좌석 중간좌석에서는 연평균 449건의 목부상 건수와 뒷좌석 중간좌석에서는 1,512건의 목부상 건수가 발생하였다. 앞에서 살펴보았듯이, 견인되지 않은 차량을 포함하는 모든 사고 건수는 일반적으로 보고된 수치에 3.0을 곱해야 한다.[69] 그러므로, 이 수치를 조정하면 앞좌석 중간좌석의 경우 1,347 × 이 된다.또한, 경찰에서 작성된 보고서뿐만 아니라 보고되지 않은 보고를 포함하는 모든 사건으로 확대하는 경우, AIS 1, 즉 목부상에 관련된 수치는 앞에서 설명했듯이 1.29를 곱해야 한다.[70] 그래서, 후면추돌로 인하여 발생하는 앞좌석 중간좌석의 연간 목부상 전

69) 앞의 VI. 50면 참조.
70) 앞의 VI. 50면 참조.

체 건수는 1,738 × 건 이다.

위와 같은 방법으로 후면추돌로 인하여 발생하는 앞좌석 중간좌석의 연간 목부상 전체 건수는 5851 × × 건 이다.

머리지지대의 효과는 높이와 백셋에 의해 좌우된다. 앞좌석 중간좌석의 경우 머리지지대를 2004 최종규칙에 맞도록 높이(800 mm, 31.5 inches)와 백셋(55mm or less)을 설치할 경우 효과는 5.83%로 측정된다.[71]

그래서, 앞좌석 중간좌석의 조정된 편익은 × 건의 목부상 감소이다. 경트럭과 승용차의 경우는 다음과 같다:

경트럭 : × ×

승용차 : ×

합계 :

뒷좌석에 대한 머리지지대 높이 750mm 이하와 백셋 55mm 이하로 규정한 것으로 인한 효과는 21.83% 로 예측된다(표 5-6). 그래서, 뒷좌석 중간좌석 머리지지대의 조정된 편익은 1,277 × 건의 목부상 감소로 계산된다.

경트럭 : × ×

승용차 : ×

합계 :

위의 모든 결과를 종합하면 앞좌석 중간좌석 86건, 그리고 뒷좌석 중간좌석 1,064건으로, 합계 건의 연간 목부상 감소 편익을 얻게 된다.

71) 효과수치는 Kahane, C., “An Evaluation of Head Restraints, Federal Motor Vehicle Safety Standard 202” NHTSA Feb 1982, DOT HS-806-108, Pg 280과 이 보고서 표 5-6 으로부터 계산됨.

3. Cost Per Equivalent Fatality

표 8-1에 의하면, 약 345건의 목부상이 1건의 사망과 동일한 것으로 계산된다. 그러므로, 앞좌석 중간좌석에 있어서 86건의 편익을 사망율로 환산하면 약 0.25 가 된다. 마찬가지로 뒷좌석 중간좌석에 있어서 1,064건의 편익을 사망율로 환산하면 대략 3.08 이 된다.

할인하기 이전의 Cost/ Equivalent Fatality :

- 앞좌석 중간좌석의 경우 : 걍갱걍걍갱걶걘
- 뒷좌석 중간좌석의 경우 : 걍갱걍걍갱걶걘
- 앞좌석/뒷좌석 중간좌석 모두 : 걍갱걍걍갱걶걘

Chapter VIII 에서 이미 언급 하였듯이, 20년 혹은 25년의 수명을 지니고 있는 승객용 차량의 경우 편익은 차량을 보유한 기간 내내 발생하지만 비용은 차량 구입 즉시 발생한다. 그래서, 미래에 발생하는 편익을 현재 가치로 할인하여 비용과 편익을 같은 기준에서 비교할 수 있도록 해야 한다.

할인된 Cost/Equivalent Fatality

표 10-3(a) Equivalent Lives Saved

Base Equivalent	2 퍼센트	4 퍼센트	7 퍼센트
	x 0.8871	x 0.7946	x 0.6844
Front Center 0.2	0.22	0.19	0.17
Rear Center 3.08	2.70	2.39	2.04
Both 3.33	2.92	2.59	2.20

표 10-3(b) Discounted Costs per Equivalent Lives Saved

	2 퍼센트	4 퍼센트	7 퍼센트
Front Seat	$256.31 million	$288.98 million	$339.50 million
Rear Seat	$38.29 million	$43.17 million	$50.72 million
Total	$54.66 million	$61.63 million	$72.40 million

7%의 할인율을 적용했을 때 2004 최종규칙의 높이와 백셋 요건에 따라서 앞좌석 중간좌석 머리지지대의 설치로 인해서 발생하는 equivalent life saved에 대한 비용은 $339.50 million이며, 뒷좌석 중간좌석 머리지지대의 설치로 인해서 발생하는 equivalent life saved에 대한 비용은 $50.72 million이다. 그리고, 앞과 뒷좌석의 중간좌석 머리지지대의 설치로 인해서 발생하는 equivalent life saved에 대한 비용은 7% 할인율을 적용하여 $72.40 million이다.

4. 가시도

중간좌석 머리지지대를 설치하게 되면, 실내 후사경으로 뒤쪽을 바라보며 운전하는데 어느정도 방해가 된다. 그리고, 차량이 후진할 때 특히 운전자가 머리를 돌려서 뒤를 바라보게 될 때도 역시 중간좌석 머리지지대가 시야를 가리게 된다. 운전자가 우측으로 차선을 변경하고자 하는 경우에는 특히 앞좌석의 중간좌석 머리지지대가 시야를 가리게 된다. NHTSA는 이러한 잠재적 가시도 상실을 계량화하지 못하였고, 가시도의 이러한 상실이 안전성에 미칠 잠재적 영향도 계량화할 수 없었다.

5. 결 론

NHTSA는 중간좌석 머리지지대 설치에 대한 막대한 비용과 머리지지대 설치에 따른 상대적으로 사소한 안전성 영향으로 인하여 중간좌석 머리지지대 설치를 요구하지 않고 있다.

Ⅺ. 맺는말

위에서 NHTSA가, 2004 최종규칙을 준수하기 위하여 필요한 머리지지대 높이 증가 및 백셋 거리 감소에 드는 비용과 그에 따른 목부상 감소와 같은 편익을 산정하기 위한 여러 연구성과들을 자세히 고찰하여 최종규제영향분석서를 작성하였음을 고찰하였다. 그리고 NHTSA는 이 분석서를 바탕으로 2004 최종규칙을 제정하였다. 본 보고서는, NHTSA의 2004 최종규제영향분석서를 검토한 결과 우리에게도 적용할 수 있는 시사점들을 다음과 같이 지적한다.

첫째, 2004 최종규칙의 효과 내지는 유용성을 입증하기 위하여 행해진 다수의 연구들을 비교적 객관적이고 공정하게 분석하여 2004 최종규칙 제정의 근거를 확보하였다. 그리고, 2004 최종규칙이 시행되기 이전에 동규칙에 대한 자동차관련업계의 청원에 따라 사적 분야(자동차관련업계)의 연구결과와 의견을 수용하여 백셋거리의 측정방법이 2004 최종규칙과는 다른 2007 최종규칙을 새롭게 제정하였다. 그 결과, 자동차관련업계의 입장을 반영한 새로운 규칙이 제정되게 되었다. 이처럼, 국민의 건강과 안전을 위한 규제의 필요성은 강조되어야 하지만 그러한 규제 또한 피규제자의 입장도 고려해서 합리적인 규제방안을 마련하려는 NHTSA의 자세는 우리에게도 적용할 수 있는 모델로 될 수 있을 것이다.

둘째, 2004 최종규칙의 제정과 그 시행에 따른 비용은 주로 피규제자인 자동차제조업자들에게 발생하는데, 그 비용의 평가 및 측정에 있어서 대차실험 등 과학적인 근거와 함께 자동차제조업자들의 견해를 최대한 반영하였다. 또한, 자료수집 및 분석을 위한 훌륭한 시스템을 구축하고 있고, 그리고 축적된 기왕의 기초연구들을 적극적으로 활용한다는 것을 알 수 있었다.

셋째, 2004 최종규칙으로 인한 규제의 편익을 측정함에 있어서 머리지지대 높이 증가 및 백셋 거리 감소 등에 관한 매우 다양한 연구결과를 포괄적으로 고려하였다는 것을 알 수 있었다. 다만, 사망과 부상에 대한 경제적 가치를 계량화하지 않은 점, 특히, 잠재적인 사망자 감소의 편익을 직접적으로 계량화하지 않고 비용-편익분석 과정에서 비중있게 고려하지 않고 비용-효과분석에서 검토한 점은 문제점으로 지적할 수 있을 것이다.[72]

넷째, 2004 최종규칙을 제정할 때 유럽연합의 ECE 규정과의 공용화 또는 조화를 통하여 국제공조에 많은 노력을 하고 있다는 것을 알 수 있었다. 특히, 자국(미국)에 실험데이터가 부족한 경우 자동차의 안전성 규제를 위하여 ECE 규정을 따랐고, 2007 최종규칙 제정시에는 미국이 주도적으로 GTR 제정에 앞장서고 있음을 알 수 있었다.

다섯째, NHTSA는 타 기관(사적 분야 및 피규제자 포함)으로부터 의견을 구하고 받아들이는데 있어서 open 마인드를 기지고 있으며, 규제영향평가를 규정하고 있는 법률을 최대한 준수하기 위한 노력을 하였음을 알 수 있었다. 즉, 국민의 건강과 안전을 위해 자동차 머리지지대 높이와 벡셋 거리를 규제하는데 있어서 규제자 입장에서만 규제를 생각하는 것이 아니라 피규제자의 입장과 의견을 충분히 고려하고 반영하여 규제하려고 노력하는 것을 알 수 있었다.

끝으로, 입법평가는 다양한 학제간 협력, 누구를 위한 규제인가, 그리고 무엇을 위한 규제인가에 관한 규제권자의 올바른 인식을 통하여서만 제대로 행해질 수 있다고 제언하고자 한다. 왜냐하면, 본 보고서에도 나타나듯이, NHTSA가 행한 분석은 법학뿐만 아니라 자동차공학, 경제학, 통계학 등 다양한 분야의 학문에 기초하고 있기 때문이다. 특히, 규제영향분석 가운데 편익의 측정은 대기질의 개선, 건강의

72) 참고로, 미국 환경보호청(EPA)의 경우 건강편익에 관해 최대한 계량화하려는 노력을 하고 있다. 이러한 EPA의 노력에 대한 자세한 내용은, 박수헌, 미국 주간대기청정규칙의 제정에 대한 입법평가 사례분석, 한국법제연구원, 2007.10 참조.

향상, 예상 수명의 연장, 잠재적 사망자 수의 감소 등 계량화하기 매우 어려운 경우가 많기 때문에 적정한 측정방법을 결정하는 것이 중요하다. 따라서, 편익의 측정과 같은 규제영향분석과정에서 기법상 가장 전문적인 분야인 경우에는 규제자가 다양한 외부전문가의 도움을 받아야 할 것이다.[73] 또한, 국회예산정책처도 작년에 행한 중요규제 287건에 대한 정부의 규제영향분석에 대한 실태평가에서도 밝혔듯이, 규제자의 규제의 필요성에 대한 인식 및 그에 대한 설명은 제대로 하고 있지만, 그러한 인식을 제대로 구현할 수 있는 규제대안과 규제의 사회적 비용과 편익, 시장실패, 규제의 불확실성, 집행 및 점검부문 등에서 미흡하다고 결론지었다.[74] 우리의 경우도 규제의 필요성에 대한 규제자의 인식에 대해서는 규제영향분석서에 잘 기술되어 있는 것으로 평가되고 있다. 그런데, 규제과정에서는 그렇지 않다고 한다. 이럴 경우, 과연 규제자의 규제의 필요성에 관한 인식이 제대로 확립된 것인지 의문스럽다. 본 보고서에서 고찰한 바와 같이 해당 규제의 필요성에 관한 공·사적 분야의 다양한 연구결과들을 제대로 검토하는 규제과정과 규제자의 open mind에 의한 누구를 위한 규제인가 그리고 무엇을 위한 규제인가에 대한 철저하고 공정한 인식이 있어야만 규제의 필요성에 관한 인식이 제대로 확립될 수 있을 것이라 여겨진다. 그렇지 않다면, 규제영향분석서에 기술된 규제자의 규제의 필요성에 관한 인식과 그에 대한 설명은 형식적인 것에 그칠 우려가 있다.

73) 김태윤·김상봉, 비용·편익분석의 이론과 실제, 박영사, 2004. 8, 193면.

74) 국회예산정책처, 정부의 규제영향분석에 대한 실태평가, 2007. 9. 동 보고서는 규제개혁위원회에 등록된 2001년 4월부터 2006년 12월까지 16개 부처에서 작성한 239개 법률 심사(안) 중 중요규제 287건에 대한 규제영향분석서의 품질을 평가하였다. www.nabo.go.kr.

참 고 문 헌

국회예산정책처, 정부의 규제영향분석에 대한 실태평가, 2007. 9.

김태윤 · 김상봉, 비용 · 편익분석의 이론과 실제, 박영사, 2004.

박수헌, 미국 주간대기청정규칙의 제정에 대한 입법평가 사례분석, 한국법제연구원, 2007.10.

박영도, 입법평가의 이론과 실제, 한국법제연구원, 2007. 9.

보험개발원, 첨단 Head Restraint 시스템과 목부상해, 2007,8,14. http://www.kidi.or.kr.

심소정 외 4인, 추돌시 목상해 경감을 위한 머리지지대 안전성평가에 관한 고찰, 한국자동차공학회 2005년도 추계학술대회 논문집, 1580-1585면.

심소정 외 4인, FMVSS 202a 기준 및 시험평가 결과에 관한 고찰, 한국자동차공학회 2006년 춘계학술대회 논문집, 1145-1150면.

이상돈, 경추염좌 방지를 위한 Head Restraint 성능평가, Automobile Insurance 7-12면. http://www.kidi.or.kr.

자동차기술연구소, 북미 차량의 머리지지대 개선 현황. http://www.kart.or.kr/.

전용범, 국산 차량의 머리지지대 동적성능 평가결과, 기연 리포트, 2007. 2, 32-34면.

Appendix Ⅴ of the “Regulatory Program of the United States Government,”, April 1, 1990 - March 31, 1991.

Farmer, Charles, Wells, JoAnn, Lund, Adrian, “Effects of Head Restaints and Seat Redesign on Neck Injuries Risk in Rear-End Crashes”, Insurance Institute For Highway Safety, October 2002.

Fladmark, G, and Khadikar, A., “Cost Estimates of Head Restaints in Light Trucks/Vans and Cost Estimates Of Lower Cost Antilock Brake Systems. Final Report”, U.S. Department of Transportation, 22 July 1994, page 21.

J. Kolb and J.D. Sheraga, “A Suggested Approach for Discounting the Benefits and Costs of Environmental Regulations”, unpublished working papers.

Kahane, C., “An Evaluation of Head Restraints, Federal Motor Vehicle Safety Standard 202” NHTSA, February 1982, DOT HS-806-108.

Lind, RC, “A primer on the Major Issues Relating to the Discount Rate for Evaluating National Energy Options”, in Discounting for Time and Risks in Energy Poicy, 1982, (Washington, D.C., Resources for the Future, Inc.).

Mats Y. Svensson, Per Lovsund,Yngve Haland and Stefan Larson, The Influence of Seat-Back and Head-Neck Motion During Rear-Impact presented at the 1993 International IRCOBI Conference on the Biomechcanics of Impact, 8-10 September, Eindhoven, The Nether-lands.

Matthew P. Reed, et.al, Modeling Vehicle Occupant Head and Head Restraint Positions 31-32(UMTRI-2001-8, April 2001).

Moore, M.J., and Viscusi, W.K., “Discounting Environmental Health Risks: New Evidence and Policy Implications”, Journal of Environmental Economics and Management, V.18. 2, March 1990, part 2 of 2.

NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation-National Center for Statistics and Analysis), FMVSS No. 202a Head Restraints, April 2007.

NHTSA(Office of Regulatory Analysis and Evaluation-National Center for Statistics and Analysis), FMVSS No. 202 Head Restraints For Passenger Vehicles, November, 2004.

Olsson I, Bunketrp O, Gustafsson C, Planath I, Norin H, Y Sander L, An In-Depth Study of Neck-Injuries in Rear End Collisions, 1990 International Conference on The Biomechanics of Impact (IRCOBI).

Olsson, I. et al, “An In-Depth Study of Neck Injuries in Rear End Collisions”, International Conference on the Biomechanics of Impacts (IRCOBI), 1990.

Paul G. Bedewi and Nabih E. Bedewi Modeling of Occupant Biomechanics with Emphasis on the Analysis of Lower Extremity Injuries, FHWA/NHTSA National Crash Analysis Center, The George Washington University, Ashburn, Virginia USA.

Peter Horn, GR/VZS, “GTR head restraints backset measuring method Analyses of H-point and R-point”, May 3rd 2007.

Svensson, M., et al. “The Influence of Seat-Back and Head Restraint Properties on the Head-Neck Motion During Rear-Impact”, 1993 International Conference on the Biomechanics od Impacts, Eindhoven, Netherlands, 1993.

The Economic Cost of Motor Crashes, 1994 NHTSA, DOT HS 808 425, July 1996, pg. 9.

Viano, D., Olsen, “The Effectiveness of Active Head Restraint in Preventing Whiplash, Journal of Trauma”, Volume 51, Number 5, pp 959 - 969, 2001.

Viano, D., “Role of The Seat Crash Safety”, Society of Automotive Engineers Inc., Warrendale, PA, 2002.

Walz, M. C., “The Effectiveness of Head Restraints I Light Trucks, FMVSS” NHTSA Technical Report, April 2001, DOT HS-809-247, Pg 45.

Wheer JB, Smith TA, Siegmund GP, Brault JR, King DJ. Validation of The Neck Injury Criterion(NIC).

Using Kinematic and Clinical Results From Human Subjects in Rear-End Collision. IRCOBI Conference, 1998.

Yoganandan, et al, “Small Female and Large Male Responses in Rear Impact,” Forty Sixth AAAM Conference, 2002.

부 록

[부록: 2007 최종규칙]

○ 개 요

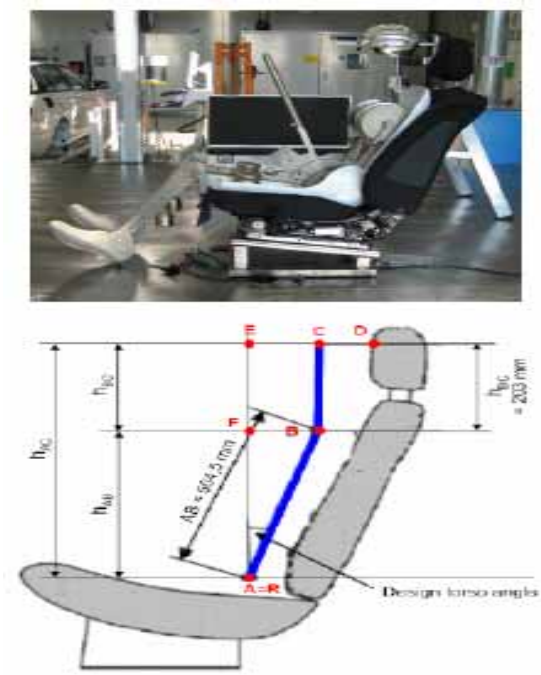
2004년 12월의 FMVSS 최종규칙(이하 '2004 최종규칙'이라 함)은 앞좌석 머리지지대의 경우 H-point로부터 머리지지대 꼭대기의 높이가 최소한 800mm(31.5 inches) 되도록 규정하였다. 이에 더하여, 모든 앞좌석의 머리지지대는 H-point로부터 750mm(29.5 inches) 이상 되도록 규정하였다. 이러한 2004 최종규칙에 대하여 자동차업계관련자들은 재검토를 요구하였으며, 구체적으로 백셋을 측정할 때에 있어서 좌석등받이 각도(seatback angle)을 25도로 고정해 놓은 규정에 대해서 개선을 요구하였다. 즉, 백셋을 측정할 때 2004 최종규칙에서 사용한 방법 이외에 3가지 측정방법(그 가운데 옵션 2는 2007 최종규칙에 사용됨)을 더 사용하여 산술평균을 구하여 측정하도록 요구하였다. 특히, 2007 최종규칙은 design torso angle[1]에서 백셋 거리를 측정하고, 그 때의 백셋을 55mm로 제한함으로써 2004 최종규칙에 비하여 백셋거리 규정을 완화하였다. 결국, 2007 최종규칙은 실제로 적용될 백셋(effective back-set)은 61mm가 될 것으로 예상한다.

아래에 제시된 4가지 옵션은 주로 백셋에 관련된 것이다. 즉, 옵션 1은 2004 최종규칙에서 사용된 것으로 seatback angle을 25도로 고정한 상태에서 측정한 백셋거리가 55mm를 넘지 않도록 규정하였다. 옵션

1) Design Torso Angle이란 아래 그림과 같이 자동차 제조회사의 시트가 출시된 상태에서 seat back angle을 의미한다. 아래 두 번째 그림의 R이라고 표시된 부분을 Reference point 혹은 R-point라고 부른다. R-Point 측정법은 Design Torso Angle을 측정할 때 사용하는 방법이고, 자동차시트의 R-point는 첫 번째 그림에서 보듯 마네킨의 H-point와 유사한 개념이다. 첫번째 그림은 H-Point를 측정할 때의 그림이며, 두 번째 그림은 R-Point를 측정할 때의 그림이다. Peter Horn, GR/VZS, "GTR head restraints backset measuring method Analyses of H-point and R-point", May 3rd 2007.

2는 2007 최종규칙에서 사용된 것으로 design torso angle을 채택하였다. 옵션 3과 4는 seatback angle을 25도로 고정한 상태에서 측정한 백셋거리를 60mm, 65mm까지 넓혀서 적용한 것이다.

	2004 Final Rule	2007 Final Rule		Largest Backset Considered
	Option 1	Option 2	Option 3	Option 4
Required Backset	55mm	55mm	60mm	65mm
Seatback Angle	25도	Design	25도	25도
Effective Backset	55mm	61mm	60mm	65mm



○ 편 익

옵션 1, 2, 3, 4의 적용에 따라 달라지는 머리지지대의 높이와 백셋에 따른 편익을 계산하면 다음과 같다(기준: 2004 최종규칙).

목부상 감 소	2004 Final Rule	2007 Final Rule		Largest Backset Considered
	Option 1	Option 2	Option 3	Option 4
앞좌석	15,093	11,471	12,089	9,653
뒷좌석	1,558	1,558	1,558	1,558
합 계	16,651	13,029	13,647	11,211

○ 비 용

2004 최종규칙에서 2007 최종규칙으로 개정됨에 있어서의 실질적인 비용의 증가는 없다. 백셋거리에 따른 비용의 증감은 없으며, 자동차 1대당 평균비용은 아래와 같다.

앞좌석 : $4.89
머리지지대가 있는 뒷좌석 : $1.23
자동차 1대당 평균 비용 : $5.88

연간 총비용은 앞좌석에 소요되는 비용 $83.2million(8천 3백 2십만 달러)와 뒷좌석에 소요되는 비용$16.7million(1천 6백 7십만 달러)를 합하여 $99.9million(9천 9백 9십만 달러)로 예측된다.

○ 효 과

4가지 옵션을 적용했을 때의 equivalent life saved에 드는 비용은 다음과 같다(Million).

	2004 Final Rule		2007 Final Rule				Largest Backset Considered	
	Option 1		Option 2		Option 3		Option 4	
Effective Backset	55mm		61mm		60mm		65mm	
할인율	3%	7%	3%	7%	3%	7%	3%	7%
앞좌석	$2.32	$2.91	$3.06	$3.83	$2.90	$3.64	$3.63	$4.55
뒷좌석	$4.52	$5.66	$4.52	$5.66	$4.52	$5.66	$4.52	$5.66
합 계	$2.53	$3.17	$3.23	$4.05	$3.09	$3.87	$3.76	$4.71

Ⅰ. 서 론

자동차관련업계의 2004 최종규칙에 대한 재검토 요구에 대하여 이를 수정한 결과로 나타난 것이 2007 최종규칙이다. 이 규칙은 단계적으로 적용되어 2009년 9월 1일부터 앞좌석에 대한 규정이 전면적 적용되고, 뒷좌석의 경우는 2010년부터 적용된다. 적용 첫해에는 이 규칙이 80%까지는 적용되어야 하며, 그 이후에는 전적으로 이 규칙이 적용된다. 2007 최종규칙의 주된 내용은 기존의 55mm였던 백셋거리를 그 이상으로 완화하는 것과 백셋을 측정하는 절차와 방법에 관한 것이다. 백셋을 측정하는 방법은 기존의 25도로 규정한 seatback angle에서 백셋거리를 측정하는 것이 아니라, 자동차제조회사에서 출시된 시트의 각도(design torso angle)에서 백셋거리를 측정하도록 하였다.

NHTSA는 앞에서 언급한 4 가지의 옵션을 검토하였다. 2004 최종규칙을 위해 분석된 자료에 따르면 경찰 보고서에 추산된 연간 목부상 발생건수와 보고되지 않은 연간 목부상 발생건수의 총계는 272,088건이다. 목부상은 대부분 저속의 후면추돌로 발생한다. 1969년 처음 발표된 FMVSS No. 202 당시에는 머리지지대의 높이가 700mm가 되면 탑승자 대부분의 목부상을 감소시키는 데 충분하다고 여겼다. 그러나, 현재 연구에 의하면 추돌시 목과 머리의 움직임으로 인해서 목부상이

발생할 수 있으므로 머리지지대의 규정만으로는 충분하지 않다는 것이 밝혀졌다. 그래서, 백셋 규정에 대한 필요성이 나타나게 되었다. 즉, 차량후면추돌시 머리와 목의 상대적인 움직임을 감소시키기 위해서 머리지지대 높이와 백셋 규정이 동시에 필요하게 되었다.

2004 최종규칙은 머리지지대의 높이를 조금 더 올리고, 백셋은 좀더 가깝게 하도록 개정되었으며, 뒷좌석 머리지지대의 설치는 의무규정이 아니었다.

Ⅲ. 2007 최종규칙

2007 최종규칙은, 조정식 머리지지대의 위치가 가장 낮은 곳에 고정되어 있을 때 모든 앞좌석 머리지지대 높이가 최소한 750mm(29.5 inches)이상 되도록 규정하였다. 이는 현재 FMVSS No. 202의 700mm (27.5 inches)보다 강화된 것이다. 그리고, 앞좌석 머리지지대의 높이가 최고 높이에 고정되어 있을 때 최소한 800mm(31.5 inches)이상 되도록 규정하고 있다. 그리고, 백셋 규정에 대해서는 다음과 같은 2가지 변화가 있었다: 첫째, 백셋을 측정할 때 기존의 방법을 보완하여 아래 3가지 측정방법을 사용하여 산술평균을 구하여 측정한다. 둘째, 자동차제조회사의 시트가 출시된 상태에서의 seatback angle(design torso angle)에서 백셋 거리를 측정하도록 하였고 그 때의 백셋을 55mm로 제한함으로써 2004 최종규칙에 비하여 백셋거리 규정이 완화되었다. 이러한 내용은 백셋 55mm 제한규정, 승차감, 그리고 seatback angle을 고려하여 자동차관련업체들의 주장을 받아들인 결과이다.

1. 백셋 요건

2004 최종규칙에 대한 NPRM에서, NHTSA는 머리지지대의 위치가 어디에 고정되었는지에 상관없이 백셋은 일괄적으로 50mm 이하로 해

야 한다고 주장하였다. 백셋은 머리지지대의 높이가 750mm에서 800mm 사이의 지점에서 측정될 수 있다. 인체공학자들은 실질적인 실험과 시뮬레이션을 통하여 백셋은 목부상과 매우 큰 상관관계를 가진다고 언급하였고, 몇몇 연구자들은 백셋을 0으로 했을 때의 잠재적인 목부상 감소효과는 매우 클 것이라고 주장하기도 하였다.

그러나, 2004 최종규칙은 자동차제조업체들의 주장을 받아들여 백셋 규정을 50mm에서 55mm로 완화하였다. 즉, 앞좌석 머리지지대의 최상단이 750mm에서 800mm에 위치하고 있을 때 측정한 백셋은 55mm 이하로 규정하였다. 그리고, 이전에 존재하였던 뒷좌석 머리지지대의 옵션 규정을 폐기하였다.

이러한 2004 최종규칙에 대하여 몇몇 자동차업계관련자들은 백셋 규정을 55mm에서 65, 70, 80, 90mm까지 완화해야한다고 요구하였다. 이들은 seatback torso angle 25도에서 측정하도록 한 백셋 55mm 제한 규정은 고객들의 승차감을 크게 저하시킨다고 주장하였다. 그래서, 백셋의 제한은 최대 80mm까지 허용해야 한다고 주장하였다.

다임러 크라이슬러는 앞좌석의 백셋에 대한 규정은 너무 규제지향적이므로 좀 더 완화되어야 할 필요성이 있다고 언급하였다. 이 회사는 2004 최종규칙을 준수한 자동차시트를 제작하여 소비자들에게 체험하게 한 결과에 대해서 언급하였는바, 덩치가 작은 운전자는 특히 이 규정에 대해서 매우 불만족스럽고 몇몇 운전자들은 아예 머리지지대를 제거하기도 하였다고 지적하였다.

Johnson Controls는 백셋을 90mm까지 완화할 것을 주장하였다. 이 회사는 자동차시트디자인의 실용적인 효과와 백셋측정방법으로 인한 변수들을 고려하여, 백셋 규정 완화는 필수적이며 이것은 탑승자들의 안전과 승차감이라는 두 가지 목표를 동시에 달성할 수 있다고 주장하였다.

2. 백셋 측정 방법(Seatback Angle for Backset Measurement)

다임러 크라이슬러는 NHTSA에게 2004 최종규칙에서 규정한 백셋 거리 55mm와 seatback angle을 25도로 규정한 내용을 다시 검토해 줄 것을 요구하였다. 현실적으로, 자동차의 종류가 매우 다양하기 때문에 백셋 거리와 torso angle을 25도로 일괄적으로 규정한 내용은 현실과 괴리된 것이므로 torso angle의 재검토와 백셋 거리를 완화할 것을 주장하였다. 이에, 다임러 크라이슬러는 torso angle을 25도로 규정한 것을 사용하지 말고, design torso angle을 사용할 것을 주장하였다.

NHTSA는 SAEJ1100에서 요구하고 있는 자동차의 폭이나 두께 등에 관련된 데이터를 가지고 있다. 이들 중에서 실제 1995년부터 2000년에 생산된 566개 자동차를 대상으로 design torso angle을 조사한 결과, 8개 자동차를 제외하고, 이들 대부분의 design seatback angle이 일치하였다. 아래 표 3-1에서는 이들 데이터에 관련된 내용을 나타내고 있다.

2005년 7월 20일 포드자동차측에서는 다음과 같이 언급하였다. 비록 포드에서는 design torso angle이 18도에서 28도 사이의 자동차 시트를 디자인했지만, 포드는 백셋 25도 규정을 준수할 것이고 그 이유는 IIHS에서 torso angle을 25도로 유지하고 있기 때문이다라고 하였다.

표 3-1 Design Seatback Angle for 1995-2000(MY) Vehicles

자동차수	평균	범위	중위수	표준편차	가중평균	가중중위수
566	23.8	18-28	24	2.1	23.5	24

1990년대의 많은 연구결과들을 참고로 하여, UMTRI는 운전자들의 키에 따라서 운전하는 방법과 좌석 위치 등에 관한 데이터를 수집하

였다. UMTRI는 이들 데이터를 NHTSA에 제공하였다. 이 데이터는 다음과 같다. 운전자로 하여금 15분 동안 지정된 도로에서 운전을 하게 하고 좌석위치를 관찰하였다. 주 관찰내용은 seatback angle이다. 운전자가 자동차에 탑승하기에 앞서 SAEJ826마네킨을 가지고 자동차의 seatback angle 3곳을 측정하였다. 3곳의 seatback angle에 따라 R-point는 각각 다르게 된다. 그리고, 운전자는 자동차에 탑승하여 자신에 맞는 seatback angle을 선택하였다. 3가지 seatback angle과 R-point는 운전자들의 seatback angle을 측정하기 위하여 사용되었다.

이 실험결과에 따르면, design seatback angle과 탑승자가 선택한 seatback angle은 일치하지 않았다. 평균적으로 탑승자가 선택한 seatback angle은 design seatback angle보다 1.6도 더 가파른 각도였다.

UMTRI가 NHTSA에 제공한 데이터는 남녀 각각 60명 총 120명의 운전자에 관한 실험 내용이었다. 1990-1995년식 24개 자동차를 대상으로 하였다. 이 데이터에서 design seatback angle은 19개 자동차의 데이터를 대상으로 하였다. 이 데이터에 따르면, 운전자가 선택한 seatback angle의 각도는 정규분포를 이뤘고, 키와 seatback angle의 상관관계는 약하게 나타났다.

NHTSA는 UMTRI의 데이터를 분석하였고, 그 결과 design seatback angle과 운전자가 선택한 seatback angle은 상관관계가 약하다는 것을 발견하였다. 또한, 키와 seatback angle의 상관관계가 없는 것을 발견하였다.

3. 4가지 Option별 편익의 변화

4가지의 옵션은 다음과 같다.

Option 1 : seatback angle 25도, 백셋 55mm

이것은 IIHS와 2004 최종규칙과 동일하다. 이 값이 기준이므로 편익의 변화는 없다.

Option 2 : design torso angle, 백셋 55mm

design torso angle의 가중 평균은 23.5도이므로 2004 최종규칙에서 규정한 torso angle 25도보다 좀 더 가파르다. seatback angle이 1도 변화함에 따라 백셋이 4mm 변화한다고 전제하게 되면 백셋은 총 6mm 변하게 된다. 이는, 결국 백셋을 55mm에서 61mm로 백셋거리제한이 증가하게 된다. 이 때 앞좌석의 편익은 24% 감소되는 것으로 예측된다.

Option 3 : seatback angle 25도, 백셋 60mm

옵션 3에서는 seatback angle은 2004 최종규칙과 동일하고, 백셋규정만 60mm로 완화하였다. 이 때 앞좌석의 편익은 20%감소하는 것으로 예측된다.

Option 4 : seatback angle 25도, 백셋 65mm

옵션 4에서는 seatback angle은 2004 최종규칙과 동일하고, 백셋규정만 65mm로 완화하였다. 이 때 앞좌석의 편익은 36% 감소하는 것으로 예측된다.

각각의 옵션에 관련된 내용은 아래의 표 3-2에 나타나 있다. 그리고 여기에는 앞좌석뿐만 아니라 모든 좌석의 편익 감소에 관련된 내용도 포함되어 있다. Effective backset은 seatback angle 1도당 4mm의 변화값으로 전제를 한 후 계산하였다. 그러나, 실제값은 자동차시트별로 다양하게 나타날 수 있다. 2004 최종규칙에 대한 개정을 요구했던 청원자들은 이 값의 범위가 3-4mm가 될 것이라고 예측하였다.

2004 최종규칙의 서문에서 좌석이 1도씩 가파름에 따라서 머리지지대 높이가 2-3mm씩 감소가 있다고 언급하였다. 가중치를 적용한 앞좌석 seatback design angle이 23.5도이므로 이에 따르면 머리지지대 높이

는 3-4.5mm의 감소가 예상된다. 이것이 의미하는 것은 design angle로 측정할 때에는 앞좌석 머리지지대의 높이는 3-4.5mm를 증가해야 한다는 것이다. 그러나, 이로 인한 머리지지대 높이의 증가에 대한 필요성은 비용과 편익을 고려해 볼 때 큰 의미를 갖지 않는다.

2004 최종규칙을 적용한 옵션 1이 기준값이므로 옵션 1에서는 편익의 변화는 존재하지 않는다. 옵션 2에서는 design angle이 기존의 seat-backangle 25도 보다 1.5도 가파르므로 effective backset은 6mm 더 증가하게 된다. 이것은 결국 편익에 있어서 24%의 감소결과로 나타나게 된다. 옵션 3은 effective backset이 60mm이고, 옵션 4에서는 effective backset이 65mm 이므로 다음 표와 같이 편익의 감소가 발생하게 된다.

표 3-2 백셋에 따른 편익 변화

Option	Required Backset	Effective Backset	Required Seat Back Angle	Weighted Seat Back Angle	Front Seat Benefits Reduction	Total Benefits Reduction
1	55	55	25	25	0	0
2	55	61	Design	23.5	24%	22%
3	60	60	25	25	20%	18%
4	65	65	25	25	36%	33%

Ⅳ. 편 익

1. 머리지지대 백셋 효과

효과를 계산하는데 있어서, 머리지지대의 높이 증가에 따른 효과측정을 하거나 혹은 백셋의 감소에 따른 효과를 측정하는 두 가지 방법이 사용된다. 머리지지대의 높이와 백셋의 감소를 동시에 고려하여 효과를 측정하는 것에 대한 분석은 하지 않았다. 그러므로, 각각의 변

수에 대해서만 효과를 산출한 값들은 실제로 두 가지를 동시에 고려하지 않았으므로 실제 효과에 비해서 과소측정의 가능성이 존재한다. 표 4-9는 백셋의 감소에 의한 효과를 나타내고 있다.

표 4-9 4가지 옵션별 백셋과 목부상 효과

Backset	Backset Effectiveness	Whiplash Effectiveness
55mm	3.5	5.83
60mm	2.5	4.17
61mm	2.3	3.83
65mm	1.7	2.83

2. 편익에 있어서 4가지 옵션별 백셋 효과

NHTSA는 4가지 옵션별로 다음과 같이 조사하였다.

Option 1 : seatback angle 25도, 백셋 55mm

앞좌석의 잠재적 부상건수는 94,531+219,995=314,526이다.

옵션 1을 적용했을 때 예방할 수 있는 앞좌석의 목부상건수는 × 이다. 장래 총 1,700만대의 차량이 팔릴 것으로 예상하며 이중 8백만대(0.471)가 승용차이며 9백만대(0.529)가 경트럭일 것을 전제로 각각의 효과에 대해서 계산하면 다음과 같다.

승용차 : ×

경트럭 : ×

그러므로, 앞좌석의 총편익은 의 목부상 감소로 예측된다.

Option 2 : design torso angle, 백셋 55mm

앞좌석의 잠재적 부상건수는 94,531+219,995=314,526이다.

옵션 2를 적용했을 때 예방할 수 있는 앞좌석의 목부상건수는 다음과 같다.

고정식 머리지지대와 조정식 머리지지대의 위치를 위쪽에 고정했을 때의 승용차의 경우는 × × 이며,

조정식 머리지지대의 위치를 아래에 고정했을 때의 승용차의 경우는

× × 이며

총합계는 이다.

승용차 : ×

경트럭 : × ×

그러므로, 앞좌석의 총편익은 4,907건의 목부상 감소로 예측된다.

Option 3 : seatback angle 25도, 백셋 60mm

앞좌석의 잠재적 부상건수는 94,531+219,995=314,526이다.

옵션 3을 적용했을 때 예방할 수 있는 앞좌석의 목부상건수는 다음과 같다.

고정식 머리지지대와 조정식 머리지지대의 위치를 위쪽에 고정했을 때의 승용차의 경우는 × × 이며,

조정식 머리지지대의 위치를 아래에 고정했을 때의 승용차의 경우는

× × 이며

총합계는 이다.

승용차 : ×

경트럭 : × ×

그러므로, 앞좌석의 총편익은 12,089건의 목부상 감소로 예측된다.

Option 4 : seatback angle 25도, 백셋 65mm

앞좌석의 잠재적 부상건수는 94,531+219,995=314,526이다.

옵션 4를 적용했을 때 예방할 수 있는 앞좌석의 목부상건수는 다음과 같다.

고정식 머리지지대와 조정식 머리지지대의 위치를 위쪽에 고정했을 때의 승용차의 경우는 × × 이며,

조정식 머리지지대의 위치를 아래에 고정했을 때의 승용차의 경우는

× × 이며

총합계는 이다.

승용차 : ×

경트럭 : × ×

그러므로, 앞좌석의 총편익은 9,653건의 목부상 감소로 예측된다.

아래 표 4-10에서는 위의 내용을 정리하여 4가지 옵션별 목부상 편익을 나타내고 있다.

표 4-10 4가지 옵션별 목부상 편익

목부상 감 소	2004 Final Rule	2007 Final Rule		Largest Backset Considered
	Option 1	Option 2	Option 3	Option 4
앞좌석	15,093	11,471	12,089	9,653
뒷좌석	1,558	1,558	1,558	1,558
합 계	16,651	13,029	13,647	11,211

Ⅶ. 비용-효과분석

이 장에서는 비용과 편익을 결합하여 1달러당 예방가능한 목부상건수를 제시한다. 2004 최종규칙과 2007 최종규칙은 비용에 있어서 동일하다. 비용은 자동차의 구입시에 발생하며 편익은 자동차의 수명내내 발생하게 된다. 그러므로 여기에서도 2004년과 마찬가지로 편익에 있어서는 할인율을 고려해야 한다. 표 7-2에서는 4가지의 각 옵션별로 편익과 equivalent fatality를 제시하고 있다.

표 7-2 옵션 1 : Equivalent Fatalities

Injury Benefits		Equivalent Fatalities
앞좌석	15,093	43.77
뒷좌석	1,558	4.52
합 계	16,651	48.29

표 7-2(a) 옵션 2 : Equivalent Fatalities

Injury Benefits		Equivalent Fatalities
앞좌석	11,471	33.27
뒷좌석	1,558	4.52
합 계	13,029	37.78

표 7-2(b) 옵션 3 : Equivalent Fatalities

Injury Benefits		Equivalent Fatalities
앞좌석	12,089	35.06
뒷좌석	1,558	4.52
합 계	13,647	39.78

표 7-2(c) 옵션 4 : Equivalent Fatalities

Injury Benefits		Equivalent Fatalities
앞좌석	9,653	27.99
뒷좌석	1,558	4.52
합 계	11,211	32.51

아래에 제시된 값들은 할인율을 적용하기 전의 값으로 1 Equivalent Fatality당 비용을 나타내고 있다.

옵션 1 :

앞좌석 머리지지대 걇갱걍걍갱겄쟌 걇갱걍걍갱겄쟌

뒷좌석 머리지지대 걇갱걍걍갱겄쟌 걇갱걍걍갱겄쟌

합계 걇갱걍걍갱겄쟌 걇갱걍걍갱겄쟌

옵션 2 :

앞좌석 머리지지대 걇갱걍걍갱겄쟌 걇갱걍걍갱겄쟌

뒷좌석 머리지지대 걇갱걍걍갱겄쟌 걇갱걍걍갱겄쟌

합계 걇갱걇걇갱겄쟌 걇갱걇걇갱겄쟌

옵션 3 :

앞좌석 머리지지대 걇갱걇걇갱겄쟌 걇갱걇걇갱겄쟌

뒷좌석 머리지지대 걇갱걇걇갱겄쟌 걇갱걇걇갱겄쟌

합계 걇갱걇걇갱겄쟌 걇갱걇걇갱겄쟌

옵션 4 :

앞좌석 머리지지대 걇갱걇걇갱겄쟌 걇갱걇걇갱겄쟌

뒷좌석 머리지지대 걇갱걇걇갱겄쟌 걇갱걇걇갱겄쟌

합계 걇갱걇걇갱겄쟌 걇갱걇걇갱겄쟌

다음 표 7-4는 4가지 옵션별로 Equivalent Life Saved를 나타내고 있다.

표 7-4(a) 옵션 1 : Equivalent Life Saved

Base Equivalent	3% 할인율	7% 할인율
	×	×
앞좌석 43.77	35.80	28.56
뒷좌석 4.52	3.70	2.95
합 계 48.29	39.50	31.51

표 7-4(b) 옵션 1 : Discounted Cost per Equivalent Life Saved(in millions)

Base Equivalent	Undiscounted	3%	7%
앞좌석 $83.2	$1.90	$2.32	$2.91
앞좌석 $16.7	$3.70	$4.52	$5.66
합 계 $99.9	$2.07	$2.53	$3.17

표 7-4(c) 옵션 2 : Equivalent Life Saved

Base Equivalent	3% 할인율	7% 할인율
	×	×
앞좌석 43.77	27.21	21.71
뒷좌석 4.52	3.70	2.95
합 계 48.29	30.91	24.66

표 7-4(d) 옵션 2 : Discounted Cost per Equivalent Life Saved(in millions)

Base Equivalent	Undiscounted	3%	7%
앞좌석 $83.2	$2.50	$2.88	$3.83
앞좌석 $16.7	$3.70	$4.53	$5.66
합 계 $99.9	$2.64	$3.06	$4.05

표 7-4(e) 옵션 3 : Equivalent Life Saved

Base Equivalent	3% 할인율	7% 할인율
	×	×
앞좌석 35.06	28.68	22.88
뒷좌석 4.52	3.70	2.95
합 계 39.58	32.37	25.83

표 7-4(f) 옵션 3 : Discounted Cost per Equivalent Life Saved(in millions)

Base Equivalent	Undiscounted	3%	7%
앞좌석 $83.2	$2.37	$2.90	$3.64
앞좌석 $16.7	$3.70	$4.52	$5.66
합 계 $99.9	$2.52	$3.09	$3.87

표 7-4(g) 옵션 4 : Equivalent Life Saved

Base Equivalent	3% 할인율	7% 할인율
	×	×
앞좌석 27.99	22.90	18.27
뒷좌석 4.52	3.70	2.95
합 계 32.51	26.59	21.22

표 7-4(h) 옵션 4 : Discounted Cost per Equivalent Life Saved(in millions)

Base Equivalent	Undiscounted	3%	7%
앞좌석 $83.2	$2.97	$3.63	$4.55
앞좌석 $16.7	$3.70	$4.52	$5.66
합 계 $99.9	$3.07	$3.76	$4.71