Transactions of KSAE, Vol. 27, No. 8, pp.637-643 (August, 2019)

Check for updates

Copyright © 2019 KSAE / 165-07
pISSN 1225-6382 / eISSN 2234-0149
DOI http://dx.doi.org/10.7467/KSAE.2019.27.8.637

로지스틱회귀모형과 오즈비분석을 이용한 KNCAP제도의 효과평가방법 연구

장 정 아[1] · 이 현 미[2] · 박 형 원[*3]

아주대학교 TOD기반 도시교통연구센터[1] · 아주대학교 건설교통시스템공학과[2] · 한국교통안전공단 자동차안전연구원 안전연구처[3]

A Study on the Effect Evaluation Methodology of KNCAP Using Logistic Regression Model and Odds Ratio Analysis

Jeong Ah Jang[1] • Hyunmi Lee[2] • Hyung Won Park[*3]

[1]TOD Based Sustainable City Transportation Research Center, Ajou University, Gyeonggi 16499, Korea
[2]Department of Transportation Systems Engineering, Ajou University, Gyeonggi 16499, Korea
[3]Advanced Vehicle Safety Research Office, Korea Transportation Safety Authority, 17 Hyeoksin 6-ro, Gimcheon-si, Gyeongbuk 39660, Korea
(Received 26 February 2019 / Revised 21 April 2019 / Accepted 5 May 2019)

Abstract : This study reviews the latest research related to the effect analysis of the New Car Assessment Programme(NCAP) and suggests statistical models that can examine the effectiveness of the Korea New Car Assessment Programme(KNCAP). The analysis was based on 303 real accidents data collected from the Korea In-Depth Accident Study(KIDAS). The result of the odds ratio analysis shows that the risk of serious injury of vehicles carrying out a KNCAP is significantly 0.65 times smaller than the vehicles that are not carrying out a KNCAP. In the logistic regression model, the relationship between the occurrence of a serious accident(MAIS 3+) and the frontal impact score was analyzed. The result reveals that the risk of serious injury decreased to 0.99 times as the score of the frontal impact of KNCAP increased by one point. Logistic regression analysis and odds ratio analysis show statistical significance to assess the effectiveness of the new car safety assessment. In terms of the odds ratio analysis, the relative effect of vehicle safety can be analyzed through a relative risk analysis based on the indicators of safety(e.g., MAIS 3+; Severe Injury). In terms of the logistic regression analysis, the safety effects can be analyzed while considering the relationship between the independent variables and dependent variables by adding different independent variables or checking the degree of variation. It is also valuable as an underlying research methodology that can analyze the continuous effect analysis model when sufficient real accident data can be obtained in the future.

Key words : 신차안전도평가(New car assessment program), 충돌안전성(Crashworthiness), 효과분석(Effectiveness), 오즈비(Odds ratio), 로지스틱회귀분석(Logistics regression analysis)

1. 서 론

우리나라는 1999년부터 2018년까지 자동차안전도평가(KNCAP, Korean New Car Assessment Program)제도를 통하여 국내 승용자동차 175개 모델의 안전도 평가를 추진하였다. KNCAP은 2018년 기준 충돌안전성(정면충돌안전성, 부분정면충돌안전성, 측면충돌안전성, 기둥측면충돌안전성, 좌석안전성), 보행자안전성, 주행제동안전성(주행전복안전성, 제동안전성) 그리고 사고예방안전성의 22항목에 대한 평가를 수행하고 있다.[1] NCAP 제도는 소비자에게 자동차의 안전에 대한 정확한 정보를 제공하여 자동차 제작사가 자발적으로 자동차의 성능과 품질을 올리게 함으로써 사회 전반에서의 교통사고 감소의 효과가 있다. 또한 일부 자동차안전도평가는 규제화하여 규격화된 자동차 프레임워크 마련에 기여가 가능하다.

이러한 신차안전도 평가는 미국 고속도로안전보험협회[2](IIHS)와 US NHTSA(미국 도로교통안전국), 유럽의 EuroNCAP,[3] 호주의 ANCAP,[4] 중국의 C-NCAP,[5] 일본의 JNCAP,[6] 러시아의 ARCAP,[7] 아세안국가의 ASEAN NCAP,[8] 중남미 국가의 LATIN NCAP,[9] 전 세계-특히 개

*Corresponding author, E-mail: nsas@ts2020.kr
* This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons. org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

발도상국의 Global NCAP[10]에서 안전성 평가를 수행하고 있다. 이러한 신차안전도 평가제도로 자동차기술의 향상을 견인해왔고 실제 자동차사고의 안전도에 크게 기여하였다고 알려져왔다. 최근 미국 NHTSA, IIHS, 유럽 EuroNCAP, 호주 ANCAP 등의 연구에서는 자동차안전기술 도입에 따라 실제 사고데이터를 기반으로 한 효과 분석을 실시하고 있다. 본 연구는 신차안전도평가제도에 대한 효과분석과 관련된 국내외 연구사례를 살펴보고, 이중에서 국내 제도의 효과를 검토할 수 있는 통계적 모형의 두 가지 유형, 즉 오즈비 분석과 로지스틱회귀분석 모형에 대하여 검토한다. KNCAP 효과분석의 방법론으로서 두 가지 통계적 모형의 가능성을 확인하였다. 본 연구에서는 실사고 데이터로 KIDAS 303건의 데이터를 활용하였고, 그 수가 통계적으로 충분하지 못할 수 있다. 이에 두가지 유형의 통계적 모형의 적용방법 및 가능성에 대한 사례 연구이다.

본 연구의 방법론은 실사고 데이터가 점차 수집될 때 활용이 가능하며, 향후 지속적으로 실사고 데이터가 축적될 경우에 지속적인 효과분석모형을 분석할 수 있는 기반 연구방법론으로 가치가 높다.

2. 관련 연구 사례 분석

2.1 개요

자동차안전도평가제도의 기여는 크게 평가제도에 대한 것과 평가제도로 인하여 안전기준 및 기술의 발전에 관한 것으로 구분이 가능하다. 이에 효과분석의 대상(Target)은 충돌안전성관련 자동차안전도 평가제도의 도입과 특정 안전기준 및 기술이 될 수 있다. 그리고 도입효과를 판단하는 지표(MOE, Measurement of Effectiveness)는 1) 사고감소 효과(사망자 수, 부상자 수의 감소 혹은 AIS(Abbreviated Injury Scale) 완화비율 2) 사회적 비용의 감소 및 비용편익비 변화 3) 소비자의 선택(효용) 가치의 변화를 고려할 수 있다. 이러한 효과분석 방법론(Methodology)은 크게 1) 교통사고 데이터 추세분석(예, 차대차 사고 등의 기여율 분석) 2) 실사고 데이터(차량유형+인체상해정도)기반 통계적 분석방법 3) 시뮬레이션 혹은 실험방법이 있으며 이를 통한 방법 도출이 가능하다.

2.2 국내외 연구

조한선 등의 연구[11]에서 교통사고 사망자 감소 추정 개념을 사용하여 KNCAP의 효과를 정량적으로 분석한 결과 0.09 % 사망자 감소 0.35 % 부상자 감소 결과가 나타났다. 자동차안전연구원 내부연구보고서인 KATRI(2015) 연구[12]에서 자체 시험데이터를 분석한 결과 정면충돌과 측면충돌 모두 중상해(AIS 4+) 발생 가능성 감소 결과가 나타났다. 또한 KATRI(2016) 연구[13]에서 자동차 안전관련 전문가 대상으로 AHP 설문지 분석한 결과 평가제도의 기여율을 9 %, 연평균 94억 원 효과의 간접추정결과가 나타났다. 장정아 등의 연구[14]에서 안전띠 착용 효과와 사상률 감소 비율의 관계를 모델링하여 안전띠 미착용 알림 장치에 따른 사고 감소 효과 분석을 수행한 결과 좌석 안전띠 미착용 경고장치의 순응비율이 90 % 이상일 경우 매해 199명의 사망자 감소 효과 결과가 나타났다. 장정아와 심소정의 연구[15]에서 안전장치 설치 전후의 편익에 대한 경제성 분석 시행한 결과, 안전띠는 초기년도 필수 설치가 요구되며 ABS, 에어백, 40 km/h 충돌기준 만족, 보행자 경고시스템 도입 시 경제성이 존재하는 결과가 나타났다. Lie와 Tingvallm의 연구[16]에서 경찰청 사고데이터(1994-2000, 15,901건)를 활용하여 상대위험도를 도출 후 짝짓기 비교 분석한 결과 EuroNCAP 차량 등급에 따른 중상 사고 발생에 유의한 결과가 나타났다. Kreiss 등의 연구[17]에서 독일의 실제 승용차 사고 데이터(1998-2002, 690,000건)을 활용하여 오즈비 분석한 결과 ESP(Electronic Stabilization Program)안전기술의 효과가 매년 증가하는 유의한 결과가 나타났다. Newstead 등의 연구[18]에서 각 나라별 경찰청 사고데이터를 활용하여 로지스틱 회귀 분석을 하였으며 영국은 EuroNCAP 평가등급에 따라 충돌내구성과 상해심각도에 유의한 효과가 나타났고, 프랑스는 충돌내구성에서 독일은 충돌내구성, 상해심각도에 EuroNCAP 평가등급이 유의한 효과가 나타났으며, 호주/뉴질랜드는 EuroNCAP 평가 등급별 상해위험도에서 유의한 결과가 나타났다. Liers의 연구[19]에서 정면 보행자 충돌과 관련된 GIDAS(German In-Depth Accident Study) 데이터를 활용하여 효과 분석을 시행하였다. Fildes 등의 연구[20]에서 MUNDS(Multiple National Database Study) 데이터를 활용하여 오즈비 효과분석 한 결과 AEB 안전기술의 유의한 효과가 나타났다. Kullgren 등의 연구[21]는 Folksam Insurance in Sweden의 목상해 운전자 데이터 중 EuroNCAP 평가차량 1,266건을 로지스틱 분석 및 ROC 비교 한 결과 목상해 구분을 위한 세 가지 프로토콜은 실제 목상해를 예측하는데 유의하진 않지만 비슷한 경향이 나타났다. NHTSA(2015)보고서[22]는 FARS (Fatality Analysis Reporting System), GES(General Estimates System), NCSS(Number Cruncher Statistical System), NASS (National Automotive Sampling System) 데이터를 활용하여 로지스틱, 오즈비, 다중회귀 분석한 결과 총 26개의 기술 중 12개의 안전기술이 정면충돌에 유의한 효과가 나타났다.

Table 1 Existing research lists

	DATA														Modeling		
	Accident		Vehicle			Human					Roadside information						
	Year	Collision type	Vehicle model	NCAP ranking	Type of technology	Age	Gender	Location of Seat	Safety belt	Depth of injury	Road type	Road condition	Weather	Speed limit	Logistic regression	Odds ratio	Other
조한선 등[11] (2008)	●	●		●													●
KATRI[12] (2015)		●								●							●
KATRI[13] (2016)				●													●
장정아 등[14] (2016)								●	●								●
장정아와 심소정[15] (2017)					●				●								●
Lie와 Tingvallm의 연구[16]	●	●		●						●							●
Kreiss 등[17] (2005)					●	●	●	●		●	●					●	
Newstead 등[18] (2006), England	●	●		●		●	●					●			●		
Newstead 등[18] (2006), France	●			●		●	●					●			●		
Newstead 등[18] (2006), Germany	●			●		●	●					●			●		
Newstead 등[18] (2006), Austrailia/New Jealand	●			●		●	●							●	●		
Liers 등[19] (2010)		●			●						●						
Fildes 등[20] (2015)	●	●			●											●	
Kullgren 등[21] (2015)		●				●	●			●	●				●		●
NHTSA[22] (2015)	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

이상의 국내외 연구를 살펴본 내용을 데이터의 유형과 분석방법론을 구분하면 Table 1과 같이 요약될 수 있다. 그 결과 국내는 계량화할 수 있는 통계적 방법론이 부족하나, 국외에서 오즈비 모형과 로지스틱회귀모형이 널리 활용함을 알 수 있다. 본 연구에서도 국내 실사고데이터에 대한 사고감소효과에 대한 연구를 수행하였다.

3. 모형 적용을 위한 실사고 데이터

3.1 개요

본 연구는 KIDAS(Korea In-depth Accident Study; 한국형교통사고 심층자료)의 실사고 데이터 중에서 정면충돌 관련사고 303건을 기반으로 효과분석 모형 적용 연구를 진행하였다. 분석의 대상적 범위는 사고유형 조건(정면충돌 또는 추돌사고인 건)과 차량 조건(KNCAP 대상 차량인 건)이며 내용적 범위는 사고정보 부분(사고일시, 사고 장소, 사고경위, 사고유형), 차량정보 부분(차량모델명, 차량연식), 인적정보 부분(탑승자 연령, 탑승자 성별, 탑승위치, 안전띠착용 유/무, 상해도)을 포함한다.

3.2 분석 데이터

KNCAP 대상인 국산차량(GM Daewoo, Hyundai, Kia, Ssangyong, Renault Samsung)의 분포 현황은 다음과 같다. 사고 차량 탑승자의 탑승위치 분포는 운전좌석 175건(57.8 %), 조수석 74(24.4 %), 그 외 좌석 51건(16.8 %), 탑승위치 미상 3건(1 %)의 수치를 보인다. 사고 차량 탑승자의 안전띠 착용 여부 분표는 운전자와 탑승자 중 102명(33.7 %)이 안전띠를 미착용 하였고 192명(63.3 %)은 안전띠를 착용하였으며, 9명(3 %)은 안전띠 착용 여부를 확인 할 수 없었다. 안전띠 착용자 중 3점식 안전띠 착용자 169명(88 %), 2점식 안전띠 착용자 23명(12 %) 순으로 나타났다. 본 연구에서는 KIDAS 자료에 대하여 오즈비 분석과 로지스틱 회귀모형을 적용하여 보았다.

4. 오즈비 분석

4.1 모형 설명

오즈비(Odds Ratio, OR)는 연구자가 관심 있는 변수를 범주화하여 각 그룹에 대한 특성을 설명하는데 유용하게 사용되는 통계량으로, 사례-대조 그룹의 구성단계에서 그룹 간 차이가 나지 않도록 다른 요인을 사전에 통제하여 특정기술에 대한 효과분석이 가능한 방법이다. 오즈(Odds)란 처리그룹에서의 사건발생 확률이 그렇지 않을 확률의 몇 배가 되는가의 값이며, 그 식은 (1)과 같다.

Table 2 Contingency table of event

	Event (O)	Event (x)
Treatment group	a	b
Control group	c	d

Table 3 Contingency table of safety technology

		Safety technology related accidents		Total
		Related (Treatment group)	Nonrelated (Control group)	
Safety technology	Equipped	N_{11}	N_{10}	$N_{11}+N_{10}$
	Non-Equipped	N_{01}	N_{00}	$N_{01}+N_{00}$
Total		$N_{11}+N_{01}$	$N_{10}+N_{00}$	N

$$\text{오즈} = \frac{P(\text{사건발생}|\text{처리그룹})}{P(\text{사건미발생}|\text{처리그룹})} \approx \frac{\text{처리그룹 사건발생건수}}{\text{처리그룹 사건미발생건수}} \quad (1)$$

오즈비는 Table 2와 같이 특정한 처리(Treatment)를 한 처리(사례)그룹과 그렇지 않은 통제(대조)그룹의 오즈(Odds)의 비율로 그 식은 (2)와 같다.

$$\text{오즈비} = \frac{\frac{P(\text{사건발생}|\text{처리그룹})}{P(\text{사건미발생}|\text{처리그룹})}}{\frac{P(\text{사건발생}|\text{통제그룹})}{P(\text{사건미발생}|\text{통제그룹})}} = \frac{a/b}{c/d} \quad (2)$$

이러한 오즈비 분석을 통하여 NCAP의 효과나 첨단안전기술이 교통사고 치사율 감소에 미치는 효과분석을 수행할 수 있다. Table 3과 같이 실제 사고 데이터를 획득하여 1) 차량 사고의 기술관련 여부에 따라 사례-대조 그룹으로 구분하고, 각 집단의 특정 요인인 2) 안전기술 장착 여부를 분류하여 사고와 기술의 인과성 추론이 가능한 것이다.

4.2 모형 적용 결과

KNCAP이 중상해 발생에 미치는 효과를 오즈비 분석으로 수행하였다. 이를 위하여 다음과 같이 두 가지 가설을 설계하였다.

(제 1가설) KNCAP 평가 여부와 중상해 발생(MAIS 3+) 여부 사이에 관계가 있다.

(제 2가설) 차량 안전기술(안전띠)과 중상해 발생(MAIS 3+) 여부 사이에 관계가 있다.

여기서, MAIS(Max AIS) 손상등급은 가장 큰 심도의 상해를 의미하는 것으로 최대상해심도 3 이상(MAIS 3+)을 중상해로 분류하였다.

제 1가설과 관련하여 분석한 결과 Table 4와 같은 결과

Table 4 Odds ratio analysis for KNCAP

		MAIS(Max AIS)		Total	Odds ratio (OR)	χ^2(p)
		3+	Under 3			
KNCAP	O	34 (26 %)	96(74 %)	130(43 %)	0.65	2.86 (.091 *)
	X	61(35 %)	112(65 %)	173(57 %)		
Total		95(31 %)	208(69 %)	303(100 %)		

Note: * p<.10, ** p<.05,*** p<.01

Table 5 Odds ratio analysis for seat belts

		MAIS		Total	Odds ratio (OR)	χ^2(p)
		3+	Under 3			
Lap belts	Lap-belted	53 (27.6 %)	139 (72.4 %)	192 (65.3 %)	0.61	3.502 (p=.06 *)
	Unrestrained	39 (38.2 %)	63 (61.8 %)	102 (34.7 %)		
	Total	92 (31.3 %)	202 (68.7 %)	294 (100 %)		
2-Point belts	2-Point belted	6 (26.1 %)	17 (73.9 %)	23 (18.4 %)	0.57	1.2 (p=.27)
	Unrestrained	39 (38.2 %)	63 (61.8 %)	102 (81.6 %)		
	Total	45 (36 %)	80 (64 %)	125 (100 %)		
3-Point belts	3-Point belted	47 (27.8 %)	122 (73.2 %)	169 (62.4 %)	0.62	3.191 (p=.074 *)
	Unrestrained	39 (38.2 %)	63 (61.8 %)	102 (37.6 %)		
	Total	86 (31.7 %)	185 (68.3 %)	271 (100 %)		
Lap belt type	2-Point belts	6 (26.1 %)	17 (73.9 %)	23 (18.4 %)	0.91	0.03 (p=.86)
	3-Point belts	47 (27.8 %)	122 (73.2 %)	169 (62.4 %)		
	Total	53 (28 %)	139 (72 %)	192 (100 %)		

Note: * p<.10, ** p<.05,*** p<.01

를 확인하였다. 즉 중상해 발생 비율에 유의미한 차이를 보이며, KNCAP 평가 차량의 중상해 발생 비율은 26 %이고 미평가 차량의 중상해 발생비율은 35 %로 9 % 정도 유의미하게 줄어들었다. 오즈비 분석 결과 KNCAP를 수행한 차량이 그렇지 않은 차량보다 중상해 사고가 0.65배 작다는 유의미한 결과가 나타났다. 즉 KNCAP 평가를 받지 않은 차량이 평가를 받은 차량보다 중상해 사고 발생할 위험이 약 1.54배 높다고 해석할 수 있다(유의수준 95 %).

제 2가설과 관련하여 안전띠 안전기술에 따른 중상해(MAIS 3 이상) 발생률을 분석하였다. 그 결과는 Table 5와 같다. 첫째, 안전띠를 착용했을 때 미착용 시보다 중상해 발생이 0.61배 유의하게 낮은 경향이 나타났다. 즉 안전띠 미착용 시 안전띠 착용 시보다 중상해 위험이 1.64배 높다고 해석할 수 있다. 둘째, 3점식 안전띠를 착용 시

미착용 시보다 0.62배 중상해 발생 유의하게 낮은 경향을 보인다. 즉 안전띠 미착용 시 중상해 위험 1.61배 높다고 해석할 수 있다. 셋째, 유의하진 않지만 2점식 안전띠 착용 시 미착용 시보다 0.57배 낮으며, 3점식 안전띠와 2점식 안전띠 착용은 중상해 발생에 비슷한 영향을 줌을 확인하였다.

5. 로지스틱 회귀모형

5.1 모형 설명

로지스틱 회귀모형은 하나의 범주형 종속변수와 한 개 이상의 독립변수 사이의 관계를 표현하기 위한 모형이다. 본 연구와 같이 자동차 안전 평가가 교통사고에 미치는 정량적 효과를 분석하기 위해 자동차 안전 평가 점수와 그 외 공변량들을 독립변수로 고려하고, 사례-대조 그룹 간 존재하는 다양한 요인을 사후 보정하는 분석 방법이다. 일반적인 선형 회귀분석은 종속변수의 평균이 독립변수에 대한 선형의 결합으로 식 (3)으로 표현된다.

$$E(y|x) = \beta_0 + \beta_1\chi_1 + \beta_2\chi_2 + \cdots + \beta_k\chi_k \quad (3)$$

여기서 식 (4)와 같이 종속변수가 이분형인 경우에 $E(y|x)$는 독립변수가 x로 주어진 경우 Y의 이벤트가 발생할 확률을 의미하고 0에서 1사이의 확률값으로 표현되며, 운전자 사망여부가 이분형 종속변수일 경우 $E(y|x)$는 운전자가 사망할 확률을 나타난다.

$$E(y|x) = probability = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1\chi)}{1+\exp(\beta_0 + \beta_1\chi)} \quad (4)$$

식 (4)를 로지스틱으로 선형관계로 변환하면 식 (5)와 같다.

$$Y = \log\frac{P(x)}{1-P(x)} = \alpha + \beta\chi_i \quad (5)$$

where P(x) =이벤트 발생 확률 , χ_i= 통제가 필요한 독립변수

로지스틱 회귀모형이 구축될 경우 Beta 계수로 양/음의 영향을 알 수 있고 또한 투입된 독립변수들의 OR값이 1이 늘어날수록 이벤트 발생할 확률이 비교대상 대비 OR배 이라고 해석할 수 있다.

로지스틱 회귀모형은 충돌 안전성 평가 등급 또는 평가 점수를 독립변수 지표로 사용하여, KNCAP 평가 등급/점수에 따른 사망확률 또는 중상해 발생확률 비교를 통해 효과 분석이 가능하다. Table 6과 같이 독립변수(충돌안전성 평가등급)는 다양한 분류가 가능하며(예:1,2등급 vs3,4등급 /1등급vs2,3,4,5 등) 또한 1등급 또는 5등급을 기준으로 등급 각각 비교가 가능하다. 그리고 충돌안전성 평가점수(총 점수 또는 4개 항목 각각) 자체를 독립변수로 사용하여 분석이 가능하다.

Table 6 An example of application of logistic regression model

		Airbag	
		Equipped	Non-equipped
MAIS	3+	$P_1 = \frac{\exp(\alpha+\beta)}{1+\exp(\alpha+\beta)}$	$P_0 = \frac{\exp(\alpha)}{1+\exp(\alpha)}$
	Under 3	$1-P_1 = \frac{\exp(\alpha+\beta)}{1+\exp(\alpha+\beta)}$	$1-P_0 = \frac{\exp(\alpha)}{1+\exp(\alpha)}$

5.2 모형 적용 결과

종속변수인 MAIS(중상해사고발생여부)를 적용하고, 독립변수에 KNCAP 정면충돌 평가 점수, 운전자/탑승자 나이, 에어백 장착여부 등으로 모형화하여 로지스틱 회귀모형을 분석하였다. Table 7은 종속 변수의 코딩 형태를 나타낸 것이다.

Table 7 Description of dependent variable

Dependent variable	Description
Y=1	MAIS 3+ (Severe injury)
Y=0	Under MAIS 3 (Non-severe injury)

중상해 사고 발생(MAIS 3+)과 정면충돌 점수와의 관계를 분석하기 위하여 이분형인 종속변수 Y(MAIS 중상해 사고 발생 여부)에 χ_i 설명변수들(KNCAP 정면충돌 평가점수, 운전자/탑승자 나이, 에어백 장착 여부)이 미치는 회귀식은 식 (6)과 같다.

$$Y = \log\frac{P(x)}{1-P(x)} = \alpha + \beta\chi_i \quad (6)$$

where P(x) =중상해 발생 확률

χ_i = KNAP 평가점수 및 통제가 필요한 독립변수

KNCAP 정면충돌 평가점수, 운전자/탑승자 나이, 에어백 장착 여부가 중상해 사고 발생(MAIS 3+)에 미치는 영향을 독립변수가 추가됨에 따라 기존 변수들의 영향력이 변화하는지 알아보기 위해 모형에 변수를 순차적 투입하였다.

Model 1. Y= 1.132+(-0.006)・정면충돌평가점수

Model 2. Y= 1.132+(-0.005)・정면충돌평가점수+ (0.015)・부상자나이

Model 3. Y= 1.132+(-0.006)・정면충돌평가점수+ (0.25)・부상자나이+ (-0.415)・에어백 장착여부

Model 4. Y= 1.132+(-0.005)・정면충돌평가점수 + (0.25)・부상자나이+(-0.334)・에어백 장착여부+(-0.486)・안전띠 착용여부

Table 8 Results of logistic regression analysis

	#Model 1		#Model 2		#Model 3		#Model 4	
	β (OR)	Wald (p)	β (OR)	Wald (p)	β (OR)	Wald (p)	β (OR)	Wald (p)
Frontal impact safety score	-.006 (.99)	3.53 (.06)*	-.005 (.99)	2.51 (.11)	-.006 (.99)	2.46 (.12)	-.005 (.99)	1.83 (.21)
Age			.015 (1.02)	4.82 (.03)**	.025 (1.03)	8.26 (.004)***	.025 (1.03)	7.85 (.005)***
Airbag (Equipped)					-.415 (.66)	1.73 (.19)	-.334 (.72)	1.08 (.30)
Seat belt (Belted)							-.486 (.62)	2.40 (.12)
-2LL	373.262		368.281		251.360		244.272	
Model χ^2	3.6 (d=1)**		8.6 (d=2)**		15.2 (d=3)**		15.2 (d=4)**	
NagelerkeR	.017		.039		.097		.100	
Accuracy	68.6 %		68.6 %		67.5 %		68.6 %	

중상해 사고 발생여부에 따른 단계적 모델링 결과는 Table 8과 같으며, 주요 결과를 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 정면충돌평가 점수만을 고려한 Model 1에서 정면충돌 평가점수 효과 점수가 중상해 발생에 유의한 영향을 주는 결과가 나타났다. 여기서 정면충돌 평가점수 모형은 통계적으로 유의하게 나타나 중상해 사고 발생을 예측하는데 적합하며, 이 모형은 68.6 % 정확도로 추정이 되었다. 또한 KNCAP의 정면충돌 평가점수가 1점 늘어날수록 중상해 발생 위험이 0.99배로 줄어드는 결과가 나타났다.

둘째, 2단계, 3단계, 4단계 모형은 각각 68.6 %, 67.5 %, 68.6 %의 분류 정확도를 나타내며 나이변수(Age)에서만 유의한 결과가 나타나며, 나이가 1살 많을수록 중상해 위험은 2단계에서 1.02, 3단계와 4단계에서 1.03배 유의하게 늘어나는 결과가 나타났다.

이러한 분류정확도 및 통계적으로 도출된 위험도 지표의 활용은 보다 많은 실사고 데이터에 대한 분석을 수행할때 인용 및 활용이 가능한 수치로 판단된다. 이는 통계적 방법론이 해외 연구사례와 같이 10000건 이상의 다년간의 실사고 데이터를 근간으로 활용될 때 신뢰성이 있다고 판단할 수 있다.

6. 결 론

6.1 두 모형의 활용 가능성

본 연구는 KNCAP 제도 효과를 분석하는 방법의 일환으로 기존 국내외 연구사례를 살펴보았다. 그 결과 국내는 계량화할 수 있는 통계적 방법론이 부족하나, 국외에서 오즈비 모형과 로지스틱회귀모형이 널리 활용함을 알 수 있다. 본 연구에서 상기 모델의 활용 가능성을 모색하기 위하여 오즈비 분석과 로지스틱 회귀모형을 적용하여 KNCAP의 효과 분석을 수행하였다.

오즈비 분석의 경우 안전도에 대한 지표(예 MAIS 3+, 중상해발생)을 기반으로 상대적 위험도 분석을 통하여 상대적 안전효과에 대한 분석이 가능하다. 이에 비해 로지스틱회귀모형의 경우 다양한 독립변수를 추가하거나 변화도를 확인하여 상호 연관성이 있는 독립변수간의 관계성을 고려한 안전효과분석이 가능한 모형이다. 본 연구에서는 유럽 및 미국에서 그동안 수행되었던 연구들을 준용하여 로지스틱회귀모형이나 오즈비 분석으로 사망사고감소 효과의 추정이 가능함을 확인하였다.

6.2 결론 및 향후 과제

미국 NHTSA, IIHS, 유럽 EuroNCAP, 호주 ANCAP 등의 연구에서는 자동차안전기술 도입에 따라 실제 사고데이터를 기반으로 한 효과를 분석하고 있으며, 이는 각국이 실제 사고데이터에 대한 충분한 확보가 가능하였기에 때문이며 이에 대한 연구결과를 명확하게 제시하고 있다. 이에 비해 우리나라의 경우 실제 사고데이터의 확보가 제한적이고, 제한적 데이터를 기반으로 효과분석을 수행하는 것에 한계가 있는 상황이다. 제한적 사고데이터라 하더라도 기존 국외 연구에서 널리 활용이 되는 로지스틱회귀모형과 오즈비 분석법을 통하여 KNCAP 분석에 대한 사례연구를 진행하였고 향후 다른 평가에도 활용이 가능함을 확인하고 있다. 향후 표준화된 분석방법론의 정립, 충분한 실사고 데이터의 확보, 지속적인 검증 및 모형의 피드백을 통하여 KNCAP 제도 및 안전기술의 효과분석이 가능할 것으로 보인다.

본 연구에서 확인된 통계적 효과분석 데이터는 실제 모집단의 규모 및 추가 변수의 사용 등으로 그 값을 직접적으로 활용에 한계가 존재한다. 이는 실사고데이터의 충분한 확보가 필요하고, 연도별 차량모델별 KNCAP제

도의 차이에 대하여 명확한 데이터의 축적이 가능할 때 효과분석 결과의 활용이 유의미하게 논할 수 있다고 판단된다.

본 연구를 통하여 그간 계량화할 수 있는 통계적 방법을 수행하지 못하였던 KNCAP 효과분석 분야에 국내 실정에 수용 가능한 형태의 모델들을 검토함으로써 KNCAP의 지속적인 발전과 더불어 효과분석 분야에 신뢰성 있고 유의미한 결과 활용으로 기대되는 바이다.

References

1) KATRI, Korea Transportation Safety Authority, KNCAP, http://www.kncap.org/, 2019.
2) Insurance Institute for Highway Safety, http://www.iihs.org/iihs/ratings, 2019.
3) EuroNCAP, http://www.euroncap.com/en, 2019.
4) ANCAP, http://www.ancap.com.au, 2019.
5) C-NCAP, http://www.c-ncap.org.cn, 2019.
6) JNCAP, http://www.nasva.go.jp/mamoru/en/, 2019.
7) ARCAP, http://autoreview.ru/arcap, 2019.
8) ASEAN NCAP, http://www.aseancap.org/, 2019.
9) LATIN NCAP, http://www.latinncap.com/en/, 2019.
10) Global NCAP, http://www.globalncap.org/activities/, 2019.
11) H. S. Cho, J. Y. Shim and N. M. Sung, “Effectiveness Analysis of NCAP(New Car Assessment Program) on Traffic Safety,” Journal of Korean society of Transportation, Vol.26. No.2, pp.7-15, 2008.
12) KATRI, Collision Safety Effect Analysis Report, 2015.
13) KATRI, Analysis of Quantitative Effect of Car Safety Assessment, 2016.
14) J. A. Jang, Y. S. Kim and S. J. Shim, “The Effectiveness for Consolidating Fitment of Safety Belt Reminder,” The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, Vol.15. No.6, pp.127-137, 2016.
15) J. A. Jang and S. J. Shim, “Assessment of Vehicle Safety Standard Requirements for New Micromobility Vehicle,” Transactions of KSAE, Vol.25, No.2, pp.190-200, 2017.
16) A. Lie and C. Tingvallm, “How Do Euro NCAP Results Correlate with Real-life Injury Risks? A Paired Comparison Study of Car-to-car Crashes,” Traffic Injury Prevention, Vol.3, No.4, pp.288-293, 2002.
17) J. P. Kreiss, L. Schüler and K. Langwieder, “The Effectiveness of Primary Safety Features in Passenger Cars in Germany,” In Proceedings of the 19th ESV Conference, Paper No.05-0145, 2005.
18) S. Newstead, A. Delaney, M. Cameron and L. Watson, “Study of the Relationship Between Injury Outcomes in Police Reported Crash Data and Crash Barrier Test Results in Europe and Australia,” Australasian Road Safety Research Policing Education Conference, Surfers Paradise, Australia, 2006.
19) H. Liers, “Extension of the Euro NCAP Effectiveness Study with a Focus on MAIS3+ Injured Pedestrians,” Under Contract of the European Automobile Manufactures’ Association(ACEA), Dresden, 2010.
20) B. Fildes, M. van Ratingen, A. Lie, M. Keall and C. Tingvall, “A New Approach to Evaluating New Vehicle Safety Technologies using Meta-Analysis,” In Australasian Road Safety Conference, Queensland, 2015.
21) A. Kullgren, B. Fildes, M. van Ratingen, J. Ellway and M. Keall, “Evaluation of the Euro NCAP Whiplash Protocol Using Real-world Crash Data,” Proceedings of the 24th Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Gothenburg, 2015.
22) NHTSA, Lives Saved by Vehicle Safety Technologies and Associated Federal Motor Vehicle Safety Standards, 1960 to 2012-Passenger Cars and LTVs - With Reviews of 26 FMVSS and the Effectiveness of Their Associated Safety Technologies in Reducing Fatalities, Injuries, and Crashes, Virginia, 2015.