

보행자 다리상해 영향요인 분석

박재홍¹⁾ · 오철²⁾

한국건설기술연구원 기반시설연구본부 도로연구실¹⁾ · 한양대학교 교통공학과²⁾

Analysis of Factors Affecting Pedestrian Leg Injury Severity

Jaehong Park¹⁾ · Cheol Oh^{*2)}

¹⁾Infrastructure Research Department, Korea Institute of Construction Technology, Daehwa-dong, Iisanseong-gu, Goyang-si, Gyeonggi 411-712, Korea

²⁾Department of Transportation Engineering, Hanyang University, Gyeonggi 426-791, Korea

(Received 2 March 2010 / Accepted 28 December 2010)

Abstract : This study analyzed contributing factors affecting leg injury severity in pedestrian-vehicle crashes. A Binary Logistic Regression (BLR) method was used to identify the factors. Independent variables include characteristics for pedestrian, vehicle, road, and environmental conditions. The leg injury severity is classified into two classes, which are dependent variables in this study, such as ‘severe’ and ‘minor’ injuries. Pedestrian age, collision speed, and the height of vehicle were identified as significant factors for the leg injury. The probabilistic outcome of predicting leg injury severity can be effectively used in not only deriving pedestrian-related safety policies but also developing advanced vehicular technologies for pedestrian protection.

Key words : Binary logistic regression(이항 로지스틱 회귀분석), Pedestrian accident(보행자 사고), Pedestrian safety(보행자 안전), Leg injury severity(다리 상해 심각도)

1. 서론

국내에서 발생한 교통사고 사망자는 2007년(6,166명), 2008년(5,870명)으로 나타났다. 특히, 사고유형이 ‘차-사람’인 경우에 발생한 사망자는 2007년(2,232명), 2008년(2,063명)이므로, 전체 사망자의 36.2%, 35.1%를 차지한다.²⁾ 따라서, ‘차-사람’에서 발생한 사망자는 전체 교통사고 사망자의 1/3 이상을 차지하는 것으로 나타나므로, ‘차-사람’과 관련된 사고 및 사망사고를 감소시키기 위한 원인분석과 대책이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 보행자 다리상해에 영향요인 분석을 연구의 목적으로 설정하였다. ‘차-사람’ 유형에서 발생한 사고의 영향요인을 분석하기

위해 ‘차-보행자’에서 발생한 13년간(1995~2007)의 교통사고자료를 이용하였다. 특히, 스키드마크등을 이용하여 차량의 충돌속도가 산출이 가능하며, 차종이 소형차로 구분되는 143개의 사고자료를 사용하여 보행자의 다리상해에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 또한, 확률에 대한 로지스틱 변환을 고려한 분석방법으로써, 종속변수가 범주형으로 관측된 데이터를 분석하는데 적합한 이항 로지스틱 회귀분석을 분석방법으로써 사용하였다.

이항 로지스틱 회귀분석의 종속변수를 설정하기 위해 보행자의 다리상해를 경상(0), 중상 이상(1)의 2가지 범주로 구분하였다. 또한, 보행자의 다리상해에 영향을 미칠 수 있는 요인을 인적요인, 도로환경적요인, 교통환경적요인, 차량요인으로 구분하여 독립변수로 설정하였다. 인적요인은 보행자와 관련된

*Corresponding author, E-mail: cheolo@hanyang.ac.kr

요소로 성별, 나이, 음주상태로 구분하였으며, 도로 환경적요인은 중단구배(오르막경사, 평지, 내리막경사), 기상상태(맑음, 흐림, 비, 눈), 노면상태(건조, 습기, 결빙, 적설), 일광유·무로 구분하였다. 교통환경적요인은 ‘차-보행자’ 충돌시 속도, 제한속도, 주말유·무로 구분하였다. 특히, 차량요인을 10개(차량 길이, 차량 무게, 차량 높이등)로 구분하여 보행자 다리 상해에 영향을 미치는 요소를 세분화하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 보행자 사고와 관련된 기존연구를 제시하고, 3장에서는 자료 구축, 변수 설정등의 실험개요를 기술하였다. 4장에서는 이항 로지스틱 회귀분석을 이용한 분석 결과를 제시했으며, 5장에서는 결론 및 향후연구를 제시하였다.

2. 기존문헌 고찰

본 연구에서는 ‘차-보행자’ 사이에 발생한 교통사고 및 사고 심각도에 영향을 미치는 요인등에 관하여 국내·외에서 시행된 연구내용을 고찰하였다.

강대민 등(2009)¹⁾은 SUV차량에 대하여 ‘차-보행자’ 사고발생시 보행자의 전도거리에 영향을 미치는 요소를 분석하였다. 차량의 속도가 증가하거나 보행자가 정지하거나 걷는 상황보다 뛰는 상황에서 보행자의 전도거리가 높게 나타났다. 또한, SUV형 차량의 보행자의 전도거리에 대한 회귀모델식을 제시하였다. 오철 등(2007)³⁾은 보행자 안전기준이 도입될 경우에 교통안전 측면의 효과를 계량화할 수 있는 방법론을 정립하였다. 특히, 머리기준과 다리기준으로 구분되는 보행자 안전기준에서 다리기준의 도입에 따른 잠재적인 부상자수 감소분을 추정하는 방법론을 제시하였다. 또한, 보행자-차량 충돌 사고 자료와 LS-Dyna3d 시뮬레이션을 통해 통계적 모형을 개발하였다. 조정일 등(2007)⁵⁾은 보행자-차량 충돌사고 분석을 실시했으며, 국내외 사고재현 모형을 비교하기 위하여 충돌 후 보행자의 전도거리를 종속변수, 차량의 충돌속도를 독립변수로 하는 모형을 비교하였다. 분석 결과, 다른 변수에 비해 차량의 범퍼높이가 전도거리에 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 최재성 등(2009)⁶⁾은 2006년에 발생한 37,589건의 보행자 사고자료를 순서형 로지스틱

모형을 이용하여 분석하였다. 분석 결과, 성별, 나이, 음주여부의 인적요인과 차량, 도로기하구조, 날씨, 시간대의 기타요인이 보행자의 사고심각도에 영향을 미치는 것으로 제시하였다.

Xu et al.(2003)¹⁰⁾은 스킵마크와 보행자의 충돌 후 이탈거리를 이용하여 차량의 충돌속도를 산출한 기존의 방법에 문제점을 제기하였다. 따라서, 앞유리의 치수, 충돌 위치, 앞유리의 굴절정도, 차량 및 보행자의 무게등을 이용하여 차량 충돌 속도를 측정할 수 있는 모형을 제시하였다. 또한, 실제 충돌속도와 모형을 통해 산출된 충돌 속도를 비교 했을때, 평균 7.56%의 차이를 나타내는 것으로 검증되었다. Maki et al.(2003)¹²⁾은 사고자료와 시뮬레이션을 이용하여 ‘차-보행자’, ‘차-자전거사고’를 비교분석하였다. 분석 결과, 자전거 이용자와 보행자는 차량에 대한 충돌 행태(차량에 머리가 부딪히는 위치)에 차이가 존재한다고 제시하였다. 또한, 미니벤을 제외하고 자전거이용자가 보행자보다 WAD(Wrap Around Distance)가 1.2배정도 높은 것으로 분석하였다. Matsui(2005)¹¹⁾는 차량의 범퍼 높이와 충돌속도에 따른 하체부상에 대한 연구를 실시하였다. 하체를 경골, 무릎, 대퇴부로 구분하였고 미국의 사고자료(PCDS : Pedestrian Crash Data Study)를 분석자료로 이용하였다. 분석 결과, 범퍼 높이에 따라 유의적인 차이를 나타냈으며, 20~30km/h의 충돌속도에서 무릎 인대 부상이 주요하였다.

기존의 연구에서는 보행자의 상해위치를 다리상해로 세분화하여 상해요인을 분석하는 연구는 미흡한 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 ‘차-보행자’ 사이에 발생한 사고중에서 보행자의 다리상해에 영향을 미치는 요인에 대해 분석을 실시하였다.

3. 실험 개요

3.1 자료구축

본 연구에서는 13년간(1995~2007)의 ‘차-보행자’ 사이에 발생한 소형차에 관한 사고자료중에서 정면 충돌사고(Head-on Only), 보행자의 다리상해정도(경상, 중상 이상)가 구분된 사고, 60km/h의 제한속도에서 발생한 사고, 충돌속도가 산출될 수 있는 143개의 사고자료를 이용하였다.

보행자 다리상해 영향요인 분석

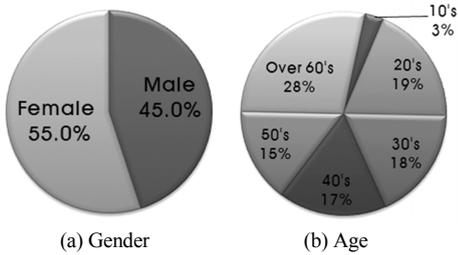


Fig. 1 Characteristics of pedestrian data

143개의 사고자료를 성별로 구분하면, 남성 65명(45.0%), 여성 78명(55.0%)으로 나타나며, 보행자의 연령대로 구분하면 10대 4명(3%), 20대 27명(19%), 30대 26명(18%), 40대 25명(18%), 50대 21명(15%), 60대 이상 40명(28%)으로 구분된다. Fig. 1에는 보행자의 성별과 보행자 연령대 비율을 제시하였다.

보행자 다리상해에 영향을 미치는 요인 중에서 차량의 충돌속도는 보행자 사고 구성모형⁸⁻¹⁰⁾을 이용하여 산출하였다. 보행자 사고 구성모형은 충돌속도와 최초 충돌지점에서부터 상해를 입은 보행자의 최종 지점간의 거리와 관계를 가진다. 따라서, 본 연구에서는 스키드 마크가 있는 보행자 사고자료를 사용하여 충돌속도를 측정하였다. 식 (1)에는 Schmidt and Nagel's (1971)⁷⁾의 모형을 예로 제시하였다.

$$V_x = \sqrt{u^2 \times h + e - \mu \times h} \quad (1)$$

where : V_x = Collision Speed(m/s)

- g u = Coefficient of friction
- h = Height of center of pedestrian height
- d_t = Distance from initial collision spot to final location of pedestrian
- $e = 2 \times \mu \times g \times d_t$
- $g = 9.8\text{m/s}^2$

‘차-보행자’ 사고발생시의 충돌속도를 스키드마크등을 통해 산출한 결과, 최저 9.6km/h, 최고 95.7km/h의 충돌속도가 추정되었다. 또한, ‘차-보행자’ 사이에 발생한 사고의 충돌속도는 31~40km/h에서 사고발생건수가 50건으로 가장 높은 것으로 나타났으며, Fig. 2에 충돌속도에 따른 사고건수를 구분하여 제시하였다.

본 연구에서는 보행자 다리상해에 영향을 미칠 수

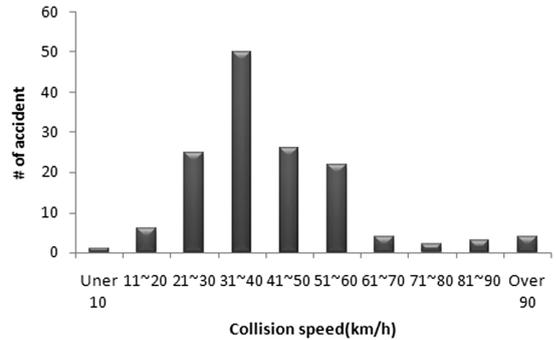


Fig. 2 Accidents by collision speed

Table 1 Variable descriptions

변수 설명	Min	Max	Avg.
V1 앞바퀴 중심에서 범퍼 최선단까지의 거리(m)	0.56	1.32	0.90
V2 지면에서 범퍼 하단까지의 거리(m)	0.13	0.34	0.17
V3 지면에서 범퍼 최선단까지의 거리(m)	0.47	0.74	0.55
V4 범퍼와 보행자의 충돌 면적길이(m)	0.09	0.38	0.17
V5 지면에서 본넷 끝까지의 길이(m)	1.10	4.43	1.74
V6 본넷 길이(m)	0.32	1.26	0.98
V7 바퀴간의 거리(m)	1.21	1.64	1.47
V8 차량 높이(m)	1.31	2.00	1.50
V9 차량 길이(m)	3.24	5.04	4.48
V10 차량 무게(t)	0.64	2.03	1.28

있는 차량요인을 구체적으로 분석하기 위해 10개로 구분하였다. 차량과 보행자가 부딪힐 가능성이 높은 본넷과 범퍼를 중심으로 높이와 길이(V1~V6)를 구분하고, 바퀴간의 거리(V7), 차량 높이(V8), 차량 길이(V9), 차량 무게(V10)로 차량요인을 세분화하여 독립변수로 사용하였다. Table 1에는 10개의 차량요인에 대한 최소값, 최대값 및 평균값을 제시하고, Photo. 1에는 차량요인의 측정 예를 제시하였다.

3.2 변수 설정

본 연구에서는 교통사고분석과 관련된 기존의 요인중에서 다리상해에 영향을 미치는 요인을 인적요인, 도로환경적요인, 교통환경적요인, 차량요인으로 크게 구분하고, 각 요인에 따라 세분화하였다.

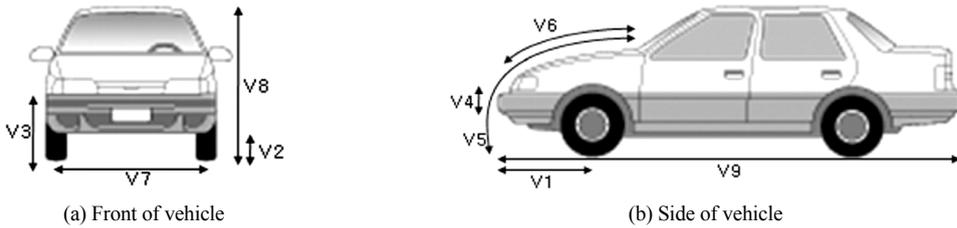


Photo. 1 Illustration of variables for vehicle shape

Table 2 Independent variables

구분	변수	명목형 변수
인적요인 (Pedestrian)	보행자의 성별	남 : 1, 여 : 0
	보행자의 나이	-
	보행자의 음주여부	유 : 1, 무 : 0
도로 환경적요인 (Road)	종단구배	평탄 : 1, 평탄 외 : 0
	기상상태	맑음 : 1, 맑음 외 : 0
	노면상태	건조 : 1, 건조 외 : 0
교통 환경적요인 (Traffic)	일광유무	유 : 1, 무 : 0
	충돌속도	-
	주말유무	주말 : 1, 주중 : 0
차량요인 (Vehicle)	앞바퀴 중심에서 범퍼 최선단까지의 거리(V1)	
	지면에서 범퍼 하단까지의 거리(V2)	
	지면에서 범퍼 최선단까지의 거리(V3)	
	범퍼와 보행자의 충돌 면적길이(V4)	
	지면에서 본넷 끝까지의 길이(WAD)(V5)	
	본넷 길이(V6)	
	바퀴간의 거리(V7)	
	차량 높이(V8)	
	차량 길이(V9)	
	차량 무게(V10)	

Table 2에는 분석에 사용된 독립변수를 제시했으며, 차량요인의 경우 V1(앞바퀴 중심에서 범퍼 최선단까지의 거리), V2(지면에서 범퍼 하단까지의 거리) 등과 같이 차량을 세분화하여 차량-보행자 사고발생시 다리상해에 영향을 미치는 요인을 제시하였다. 또한, 인적요인, 도로환경적요인, 교통환경적요인중에서 정량화할 수 없는 명목변수로 측정된 변수는 범주형변수로 변환 후 분석을 실시하였다. 예를 들어, 도로환경적요인의 종단구배의 변수 측정은 오르막경사, 평지, 내리막경사로 측정되었으나,

종단구배가 평탄(평지)한 경우를 1, 그 외를 0으로 설정하여 이항 로지스틱 회귀분석을 실시하였다.

본 연구에서는 ‘차-보행자’ 사이에 발생한 사고자료를 이용하여 다리상해에 영향을 미치는 요인을 이항 로지스틱 회귀분석을 사용하여 분석하였다. 따라서, 종속변수를 2개의 범주로 설정하기 위하여 보행자의 다리상해가 경상인 경우 0, 중상 이상을 1로 구분하였다. 143개의 사고자료에서 보행자의 다리상해가 경상인 사고는 43건, 중상 이상의 사고는 100건으로 나타났다.

4. 분석 결과

이항 로지스틱 회귀분석은 종속변수가 범주형으로 관측된 데이터를 분석하는데 적합하며, 선형회귀모형의 단점을 극복하기 위해 확률에 대한 로지스틱 변환을 고려한 분석방법이다.

통상적인 통계분석 프로그램인 SPSS를 이용하여 이항 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 이항 로지스틱 회귀분석은 입력(전체 변수 사용)방법과 단계선택방법(전진, 후진)방법을 통해 보행자 다리상해에 영향을 미치는 변수의 추출이 가능하다. 또한, 전진단계(Wald)선택은 각각의 단계에서 스코어 통계량에 대하여 가장 작은 유의수준을 가진 변수가 선택되는 변수선택 방법이다. 유의확률을 0.05로 설정하여 유의확률이 0.05보다 작으면 선택된 변수를 채택하여 모형에 넣으며, 모형에 이미 들어온 전진단계 블록 내의 모든 변수는 제거기준을 만족하는지 판단한다. Table 3에는 초기 모형의 계수와 최종 모형에서 도출된 변수의 계수 값을 제시하였다. 초기 모형은 19개 변수에 대한 계수 값과 유의확률을 제시했으며, 최종 모형에서는 유의확률 0.05이하로 나타난 변수에 대한 결과를 제시하였다. 최종모형 결

Table 3 BLR analysis results

	Initial model		Final model	
	coefficient	p-value	coefficient	p-value
성별(β_1)	-0.273	0.547	-	-
나이(β_2)	-0.031	0.015	-0.034	0.003
읍주(β_3)	-23.135	1.000	-	-
중단구배(β_4)	-2.104	0.174	-	-
기상(β_5)	-0.341	0.645	-	-
노면(β_6)	-0.182	0.894	-	-
일광(β_7)	0.433	0.384	-	-
충돌속도(β_8)	0.049	0.012	0.051	0.004
주말여부(β_9)	0.422	0.428	-	-
V1(β_{10})	-7.232	0.098	-3.898	0.024
V2(β_{11})	24.979	0.104	-	-
V3(β_{12})	-8.519	0.437	-	-
V4(β_{13})	-0.249	0.984	-	-
V5(β_{14})	1.470	0.535	-	-
V6(β_{15})	4.352	0.323	-	-
V7(β_{16})	3.629	0.679	-	-
V8(β_{17})	2.765	0.597	-	-
V9(β_{18})	-1.731	0.426	-	-
V10(β_{19})	0.321	0.898	-	-
상수(β_0)	2.899	0.846	4.219	0.013

과, 19개의 인적요인, 도로환경적요인, 교통환경적요인 및 차량요인 독립변수중에서 3개 변수(나이, 충돌속도, V1)의 유의확률이 0.05이하로 나타났다. 따라서, 나이, 충돌속도, V1(앞바퀴 중심에서 범퍼 최선단까지의 거리)는 통계적으로 유의한 변수로 분석되었다. 하지만, 최종 변수 3개를 제외한 16개의 변수는 최종 모형에서 제외되었다.

Table 4에서 모형요약 값을 의미하는 -2 Log Likelihood, Cox & Snell R-Square, Nagelkerke R-Square를 제시하였다. -2 Log Likelihood는 모형의 적합도를 의미하며, 0에 가까울수록 모형의 적합도가 완벽한 것으로 분석된다.

Table 5의 Omnibus Tests of Model Coefficients의 귀무가설(H0)은 ‘로지스틱 회귀식이 종속변수를 설명·예측하는데 유용하지 않다’이며, 본 연구에서는 모형의 유의확률이 0.000이므로 귀무가설을 기각한다. 따라서, 모형은 유용한 것으로 분석되며, Table 5 결과를 통해 모형의 적합도가 수용할 수준임을 나타낸다. 또한, Table 6에 제시된 Hosmer와 Lemeshow 검정의 카이제곱 값은 로지스틱 회귀모형의 전체적

Table 4 Model summary

-2 Log likelihood	Cox & Snell R-Square	Nagelkerke R-Square
150.708	0.155	0.220

Table 5 Omnibus tests of model coefficients

단계	카이제곱	자유도	유의확률
단계	5.601	1	0.018
블록	24.168	3	0.000
모형	24.168	3	0.000

Table 6 Hosmer and lemeshow estimate

Chi-square	df	Sig
6.597	8	0.581

인 적합도를 나타낸다. 카이제곱검정은 종속변수의 실제로 관측된 값과 모형에 의한 예측된 값의 일치 정도를 나타내며, 카이제곱값이 작을수록 모형의 적합도가 높다고 분석된다. 따라서, 카이제곱검정의 유의확률이 0.581로 나타나므로 본 연구에서 도출된 모형의 적합도가 수용할 수준임을 나타낸다.

‘차-보행자’ 사이에 사고 발생시 보행자의 다리상해에 영향을 미치는 요인은 보행자의 나이, 차량의 충돌속도, V1(앞바퀴 중심에서 범퍼 최선단까지의 거리)로 본 연구의 분석 결과 도출되었다. Table 7에는 모형에 사용된 독립변수를 제시했으며, ‘B’는 이항 로지스틱 회귀모형의 계수, ‘S.E’는 표준오차, ‘Wald’는 Wald 통계량, 나이, 충돌속도, V8(차량높이) 각각의 유의확률은 모두 0.05보다 낮게 나타나므로 통계적으로 유의하다고 판단할 수 있다. 또한, 나이와 V1(앞바퀴 중심에서 범퍼 최선단까지의 거리)은 음의 계수 값을 나타내며, 충돌속도는 양의 계수 값으로 나타났다. 따라서, 나이가 적고 V8(앞바퀴 중심에서 범퍼 최선단까지의 거리)가 낮으며, 충돌속도가 높을수록 보행자의 다리상해에 심각한 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 분석을 통해 도출된 독립변수(나이, 충돌속도, V1(앞바퀴 중심에서 범퍼 최선단까지의 거리)) 및 종속변수(보행자 다리상해 정도)를 이용한 이항 로지스틱 회귀모형식을 (2)에 제시하였다.

$$Y = \frac{\exp(4.219 - 0.034X_{\text{나이}} + 0.051X_{\text{충돌속도}} - 3.898X_{V1})}{1 + \exp(4.219 - 0.034X_{\text{나이}} + 0.051X_{\text{충돌속도}} - 3.898X_{V1})} \quad (2)$$

X_{나이}: 보행자의 나이
 X_{충돌속도}: ‘차-보행자’ 충돌시 차량의 충돌속도
 X_{V1}: 앞바퀴 중심에서 범퍼 최선단까지의 거리
 Y: 보행자 다리상해 정도

Table 7에 제시된 이항 로지스틱 회귀분석 결과를 이용하여 Odds Ratio를 의미하는 Exp(B)값의 산출이 가능하다. Odds는 어떤 사건이 발생할 확률에 대비하여 그 사건이 발생하지 않을 확률의 비율을 의미한다. 또한, 회귀분석을 통해 추정된 각 독립변수의 계수와 독립변수의 조건을 통해 Odds에 끼치는 영향력, 즉 연계함수를 지수화 했을 때 나타나는 Odds에 대한 한계효과(독립변수들로 만들어지는 각각의 경우의 조합이 구현될 수 있는 확률의 비율)를 나타낸다.⁴⁾ Odds에 대한 식을 식 (3)에 제시하였다.

$$\frac{Prob(y=1)}{1-Prob(y=1)} = e^{\sum_{k=1}^K \beta_k x_k} = \prod_{k=1}^K e^{\beta_k x_k} \quad (3)$$

Table 7에 제시된 ‘B’를 지수함수(e^β)에 적용하여 Odds Ratio의 산출이 가능하며, 나이, 충돌속도, V1(앞바퀴 중심에서 범퍼 최선단까지의 거리)에 대한 Odds Ratio를 Fig. 3에 제시하였다. Odds Ratio는 두 Odds간 비율을 의미하며, 다른 독립변수가 통제된(수치적인 변화가 없는)경우에 한 변수의 효과에 대한 분석이 가능하다. 예를 들어, 나이, V1(앞바퀴 중심에서 범퍼 최선단까지의 거리)가 증가하거나 감소하지 않는다고 가정했을 때, 충돌속도에 대한 효과를 분석할 수 있다. 즉, 차량의 충돌속도가 1단위(km/h) 증가하는 경우, 충돌속도의 변화가 없는 경우보다 보행자의 다리상해 정도가 심각(중상 이상)해질 비율이 5.2%정도 증가하는 것으로 해석할 수 있다. 또한, 충돌속도와 V1(앞바퀴 중심에서 범퍼 최선단까지의 거리)이 변화가 없다면, 보행자의 나이에 대한 효과를 분석할 수 있다. 보행자의 나이가

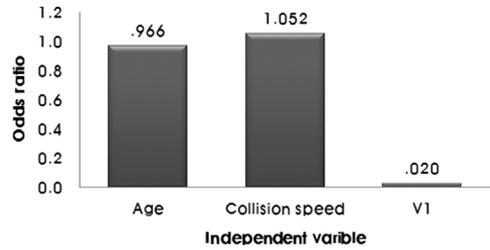


Fig. 3 Odds ratio

1단위(년) 증가한다면, 나이의 변화가 없는 경우보다 보행자의 다리상해 정도가 심각(중상 이상)해질 비율이 3.4%정도 감소하는 것으로 해석이 가능하다.

5. 결론 및 향후연구

본 연구에서는 ‘차-보행자’ 사이에 사고 발생시, 보행자 다리상해에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위하여 이항 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 143개의 ‘차-보행자’ 사고자료를 이용하여 보행자의 다리상해 정도를 구분하여 종속변수를 설정하였고, 독립변수를 인적요인(성별, 나이, 음주상태), 도로 환경적요인(중단구배, 기상상태, 노면상태, 일광유무), 교통환경적요인(충돌속도, 제한속도, 주말유무), 차량요인(차량 길이, 차량 무게, 차량 높이 등 10개요인)으로 구분하여 분석하였다.

- 1) ‘차-보행자’ 사이에 사고 발생시, 보행자의 다리상해 정도에 영향을 미치는 요인은 나이, 충돌속도, V1(앞바퀴 중심에서 범퍼 최선단까지의 거리)로 나타났다.
- 2) 또한, 차량의 충돌속도가 1단위(km/h) 증가하는 경우, 충돌속도의 변화가 없는 경우보다 보행자의 다리상해 정도가 심각(중상 이상)해질 비율이 5.2%정도 증가하였다. 보행자의 나이의 경우, 분석 변수외의 독립변수를 통제했을 때, 보행자의 다리상해 정도가 심각(중상 이상)해질 비율이 자료의 측정범위내에서 3.4% 감소하는 것으로 해석이 가능하다.
- 3) 나이, 충돌속도, V1(앞바퀴 중심에서 범퍼 최선단까지의 거리)의 변수의 유의확률이 0.05이하로 나타나며, -2 Log Likelihood등의 모형의 적합도가 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

Table 7 Modeling results

	B	S.E.	Wald	Sig.
Age	-0.034	0.011	8.945	0.003
Collision speed	0.051	0.017	8.458	0.004
V1	-3.898	1.732	5.066	0.024
상수항	4.219	1.705	6.217	0.013

본 연구를 발전시키기 위해서는 다음과 같은 사항을 고려하여 추가연구가 실시되어야 한다.

- 1) ‘차-보행자’ 사이의 사고 발생시 사용된 143개의 사고자료는 충돌속도 추정이 가능한 사고자료만을 사용하였다. 따라서, 충돌속도를 추정할 수 없는 자료의 ‘차-보행자’ 사고에 대한 보행자 다리상해 정도에 관한 분석을 실시하지 못하였으므로 이에 대한 고려가 필요하다.
 - 2) 인적 요인에서 신체적 조건을 성별, 나이, 음주여부만이 반영하여 이항 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 하지만, 보행자의 다리상해 정도에 영향을 미칠 수 있는 보행자의 신장, 체중 등의 신체적 조건 및 연령대의 비율등이 자료의 부족으로 본 연구의 분석에 반영되지 못하였다. 따라서, 보행자의 신장, 체중 등에 대한 추가적인 변수가 반영되어 연구가 진행되어야 한다.
 - 3) 본 연구에서는 ‘차-보행자’ 사이에 사고 발생시 보행자의 다리상해 정도에 대한 영향으로 세분화하여 분석을 실시했다. 하지만, 보행자의 다리를 경골, 무릎, 대퇴부등으로 구분하여 각각의 부위에 따른 연구의 진행도 필요하다.
 - 4) 본 연구의 보행자 다리상해요인은 차종을 승용차로 한정하여 분석을 실시하였다. 따라서, V1 등의 차량요인과 관련된 변수는 차종에 따라 상이한 결과가 도출될 수 있으므로, 차종에 대한 자료수집을 통해 추가적인 분석이 필요하다.
- 본 연구의 결과는 ‘차-보행자’ 사고 발생시 보행자의 다리상해 요인분석과 관련된 연구개발의 기초 자료로써 활용될 것으로 기대된다.

후 기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(NRF-2010-0029449)입니다.

References

- 1) D. M. Kang and S. M. Ahn, “Development of Accident Analysis Model in Car to Pedestrian Accident,” The Korean Society for Power System Engineering, Vol.13, No.5, pp.76-81, 2009.
- 2) National Police Agency, Statistical Yearbook of Traffic Accident, Bumshinsa, Seoul, 2009.
- 3) C. Oh, B. Kim, Y. S. Kang and M. K. Shin, “Assessing Traffic Safety Benefits of Technical Regulation for Pedestrian Leg,” Transactions of KSAE, Vol.15, No.4, pp.1-9, 2007.
- 4) S. W. Lee, H. S. Min, J. Y. Park and S. D. Yun, Applied Logit·Probit Model, Pakyoungsa, Seoul, 2005.
- 5) J. I. Jo, C. Oh, N. I. Kim and M. S. Chang, “A Study on Pedestrian Accident Reconstruction Models: Comparison and Improvement,” Journal of Korean Society of Transportation, Vol.25, No.4, pp.69-77, 2007.
- 6) J. S. Choi, S. Y. Kim, K. S. Hwang and S. T. Baek, “Severity Analysis of the Pedestrian Crash Patterns Based on the Ordered Logit Model,” Journal of Korean Society of Road Engineering, Vol.11, No.1, pp.153-164, 2009.
- 7) D. N. Schmidt and D. A. Nagel, “Pedestrian Impact Case Study,” Proc.15th Conf. Association for Automotive Medicine, pp.151-167, 1971.
- 8) G. Stcherbatcheff, C. Tarriere, P. Duclos, A. Fayon, C. Got and A. Patel, “Simulations of Collisions between Pedestrian and Vehicles using Adult and Child Dummies,” SAE 751167, 1975.
- 9) J. C. Collins and J. L. Moris, Highway Collision Analysis, Thomas Publishing, New York, 1979.
- 10) J. Xu, Y. Li, G. Lu and W. Zhou, “Reconstruction Model of Vehicle Impact Speed in Pedestrian-vehicle Accident,” International Journal of Impact Engineering, Vol.36, pp.783-788, 2009.
- 11) M. Yasuhiro, “Effect of Vehicle Bumper Height and Impact Velocity on Type of Lower Extremity Injury in Vehicle-pedestrian Accidents,” Accident Analysis and Prevention, Vol.37, pp.633-640, 2005.
- 12) T. Maki, J. Kajzer, K. Mizuno and Y. Sekine, “Comparative Analysis of Vehicle-bicyclist and Vehicle-pedestrian Accidents in Japan,” Accident Analysis and Prevention, Vol.35, pp.927-940, 2003.