

Trauma

자전거와 비교한 개인용 이동장치 사고의 손상 심각성 및 사고 유발 요인

전종복¹ · 장재호¹ · 임용수¹ · 최재연¹ · 조진성¹ · 우재혁¹ · 최우성¹ · 양혁준¹ · 현성열²

가천대학교 의과대학 길병원 ¹응급의학과, ²외상외과

Severity of injury and related factors of personal mobility vehicle accidents compared with bicycle accidents

Jong Bok Jeon¹, Jae Ho Jang¹, Yong Su Lim¹, Jea Yeon Choi¹, Jin Seong Cho¹,
Jae-Hyug Woo¹, Woo Sung Choi¹, Hyuk Jun Yang¹, Sung-Youl Hyun²

Departments of ¹Emergency Medicine and ²Traumatology, Gachon University Gil Medical Center, Incheon, Korea

Objective: Personal mobility vehicles (PMV) have been used widely as a means of replacing bicycles in recent years because of their convenience and high economic efficiency. On the other hand, accidents related to PMV are also increasing, but there have been few studies in this area. This study examined the factors that increase the severity of damage and determine the characteristics of the PMV compared to the accidents on a bicycle.

Methods: Retrospective observational studies were performed. The variables related to the accident were collected and analyzed for patients who visited the emergency room due to a PMV and bicycle accident. Multivariate logistic regression analysis was used to determine the factors affecting the severity of the patients. The odds ratios were calculated and compared between injuries related to PMV and bicycles.

Results: A total of 1,124 patients (bicycles 1,017, PMV 107) were enrolled in this study. In multivariate regression analysis, the severity of PMV was higher (odds ratio [OR], 1.73; 95% confidence interval [CI], 1.06-2.83) than that of a bicycle. The factors affecting the severity of the patients were age (OR, 1.02, 95% CI, 1.01-1.03), alcohol use (OR, 1.70; 95% CI, 1.04-2.70), ambulance transport (OR, 2.46; 95% CI, 1.78-3.40), and wearing a helmet (OR, 2.06; 95% CI, 1.36-3.13).

Conclusion: PMV showed higher severity of damage than a bicycle. The PMV, which is a new transportation means, is insufficient for the prevention of safety compared to bicycles where driving regulations and wearing protective equipment are common. Additional studies on the precise mechanisms of injury and damage are expected to prevent accidents and reduce their severity.

Keywords: Injury severity score; Accidents; Bicycling; Off-road motor vehicles

서 론

Personal mobility vehicle (PMV)은 전기를 동력으로 움직이는 1인 탑승 이동수단을 통칭하는 용어로서 personal mobility device, personal transporter, personal

light electric service 등의 용어로도 사용되기도 한다. 2018년 1월 싱가포르 교통국에서 발의한 Active Mobility Act (AMA)에 따르면 PMV를 전기를 동력으로 하면서 너비 70 cm 이하, 차체 중량 20 kg 이하, 최대속력은 25 km/hr 이하로 움직이는 이동 수단에 한하여 정의하였다.¹

PMV는 걷는 것보다 빠르고 환경친화적인 장점을 가지

책임저자: 장 재 호

인천광역시 남동구 남동대로 774번길 21

가천대학교 의과대학 길병원 응급의학과

Tel: 032-460-3901, Fax: 032-460-3019, E-mail: jhjang@gilhospital.com

접수일: 2019년 7월 4일, 1차 교정일: 2019년 8월 17일, 게재승인일: 2019년 8월 20일

Capsule Summary

What is already known in the previous study

Recently, many accidents have occurred as the use of personal mobility vehicle (PMV) increases. Few studies have been performed on the risk and the mechanisms of accidents compared to bicycles used for similar purposes.

What is new in the current study

PMV showed a higher severity of damage than bicycles. Other factors related to the risk of accidents included alcohol consumption, age, and wearing a helmet.

고 있다. 또한 자전거와 비슷한 속력을 가지면서 자전거와 다르게 접어서 들고 다닐 수 있는 간편함까지 더해져 자전거의 대체제가 될 가능성이 높다.

국토교통부에서 발표된 한 보고서에 따르면 2016년에 약 60,000여대의 PMV가 국내에서 판매되었고, 2017년엔 그보다 약 20% 증가한 75,000여대가 판매되었으며 2022년에는 약 200,000여대의 PMV가 국내에서 판매될 것이라고 예측하고 있어 국내에서 매우 빠른 속도로 시장 규모가 커지고 있는 상황이다.² 이렇듯 국내외에서 PMV에 대한 관심과 수요가 급증하고 있는 추세이지만 국내에서 관련 도로 법규나 안전 규제가 제대로 정립되어 있지는 않다. PMV는 현재 도로교통법상 원동기장치 자전거로 분류되고 별도의 면허가 필요한 것으로 되어 있지만 실질적으로 지켜지지 않고 있고 차도에서 운행을 할 경우 20 km 정도의 느린 속력으로 운행이 되는 PMV의 특성상 교통 문제를 발생시킬 수 있는 가능성이 크다. 국내에 보고된 한 논문에 따르면 PMV 사고는 해마다 47.4%씩 증가하고 있고 1인당 지급되는 평균 보험금은 2015년 이후로 자전거 사고에 비해 1.5배 정도 많은 것으로 보고되었다.³ 그럼에도 현재 PMV 관련 사고에 대한 안전교육이나 헬멧, 보호구 착용 등의 법적인 안전규제, 보험 등이 제대로 갖춰지지 않아 안전사고 및 사고처리가 미비한 상황이다.⁴ 실제로 한국 소비자원 소비자 위해 감시시스템(Consumer Injury Surveillance System)에 따르면 PMV 관련 사고는 2013년 이후로 꾸준히 증가하고 있고 2015년 26건에서 2017년 174건으로 큰 폭으로 증가했다. 전체 사고 중 약 52%는 운전 미숙으로 발생하였고 40%는 다른 차량과의 충돌로 인하여 발생하였다.⁵

위처럼 PMV에 대한 사회적 관심과 수요가 증가되고 그에 따라 사고로 인한 손상으로 응급실에 내원하는 환자수가 해마다 증가하고 있지만 PMV와 관련된 사고로 응급실

에 내원한 환자의 손상 유형 및 중증도에 대한 연구는 미미한 상황이다.

본 연구의 목적은 사용목적이 유사하고 비슷한 속도를 가지는 이동수단인 자전거 사고 환자와 비교하여 PMV 관련 사고로 대학병원 응급실에 내원한 환자의 특성 및 사고 유형, 중증도에 관해 알아보고 이 자료를 토대로 추후 PMV에 대한 안전인식 제고 및 안전법규 마련을 위한 토대를 만드는 데 도움이 되고자 함이다.

방 법

본 연구는 2016년 1월 1일부터 2018년 12월 31일까지 일개 병원 응급실 및 권역외상센터에 자전거 및 PMV 이용자와 관련된 사고로 내원한 환자들을 대상으로 후향적의 무기록조사를 통한 단면 관찰 연구로 진행되었다. 자전거의 경우 전동 자전거를 제외한 일반 자전거만을 대상으로 하였고 PMV의 경우 기존에 정의된 것을 바탕으로 하여 데이터를 수집하였다. 연구를 위한 자료 수집은 질병관리본부에서 제공되는 손상감시자료를 통해 이루어졌고 2016년에서 2018년까지 자전거 운전자 관련 사고는 1,759건, PMV 관련 사고는 134건이었다.

수집된 자료 중 8세 미만의 운전자가 운전한 경우는 자전거에서 103건, PMV에서 2건이 있었으며 연구에서 제외되었다. 그리고 운전자의 부주의로 인해 스스로 넘어지거나 구조물에 부딪혀 수상한 사고, 보행자와 부딪힌 사고 등은 연구 대상에 포함되었고 그 외 운행 중인 자동차나 오토바이에 의해 충격을 당한 경우는 연구에서 제외되었다. 이로 인하여 제외된 케이스는 자전거에서 639건, PMV에서 24건이 있었다. PMV 1건에서 사고 기전이 미상으로 되어 있어 이 또한 제외되었다(Fig. 1). 이 자료는 질병관리본부의 응급실손상환자표본심층조사를 이용하였으며 공공 이익을 위한 연구 목적으로 사용을 승인받았다.

연구에 사용하기 위해 수집된 데이터로는 성별, 연령, 응급실 이송수단, 사고발생시각, 사고발생장소, 음주 여부, 헬멧 착용 여부, 수상 부위, Excess Mortality Ratio-adjusted Injury Severity Score (EMR-ISS)에 의한 손상 중증도 등이 사용되었다.

본 연구에서는 손상의 중증도를 평가하기 위한 방법으로 EMR-ISS라는 척도가 사용되었는데 EMR-ISS값에 따라 손상의 중증도를 경중($1 \leq \text{EMR-ISS} \leq 8$), 중등도($9 \leq \text{EMR-ISS} \leq 24$), 중증($25 \leq \text{EMR-ISS} \leq 75$), 치명적(사망)의 4개 군으로 분류하여 분석하였다.⁶

통계는 두 군간의 인구사회학적 특징 및 변수의 기술 통계를 내어 분석하였다. 두 군간의 임상적 차이는 범주형 변수는 Fisher's exact test로 비교하였고, 연속형 변수는 정규성 여부에 따라 T-test, 또는 Mann-Whitney test

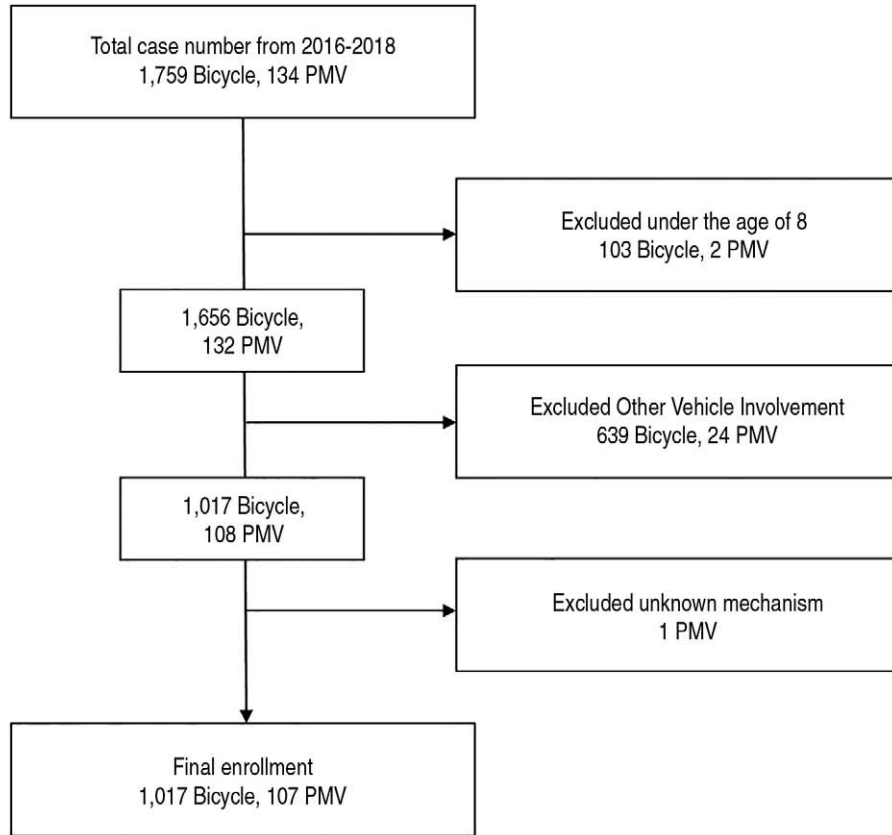


Fig. 1. Flow diagram of included studies. PMV, personal mobility vehicles.

를 실시하였다. EMR-ISS에 영향을 주는 요인 분석을 위해서 PMV, age, alcohol use, emergency medical service, helmet use 등의 독립변수를 설정하고 그에 따라 종속변수인 EMR-ISS에 미치는 영향을 다 변량 회귀분석을 통해 알아보았다. 통계는 IBM SPSS ver. 23.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)와 엑셀(Microsoft Excel 2010, Redmond, WA, USA)을 이용하여 분석하였다.

결 과

3년의 연구기간 동안 자전거 및 PMV 관련 사고로 본원에 내원한 환자들의 인구통계학적 특성을 각각 1,017명, 107명에 대하여 조사하였다(Table 1). 자전거 사고의 경우 남성이 823건(80.9%), PMV 사고의 경우 남성이 78건(72.9%)이었다. 나이는 자전거의 경우 8세에서 64세의 환자가 각각 937명과 80명이었고(92.1% vs. 7.9%) PMV의 경우 105명과 2명으로(98.1% vs. 1.9%) 자전거 비해 PMV 사고에서 비교적 65세 이상 노인의 비율이 적었고 이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($P=0.018$).

사고가 발생한 시각은 해가 떠 있어 시야에 문제가 없는 시간인 아침 7시부터 저녁 6시까지와 해가 진 후 시야에

문제가 생기는 저녁 6시부터 아침 7시까지로 나누어서 조사를 하였고 자전거의 경우 각각 482건(47.4%)과 535건(52.6%)이었고 PMV의 경우 52건(48.6%), 55건(51.4%)이었다. 사고가 발생한 장소는 자전거와 PMV 모두 골목길과 같은 기타 도로가 가장 많았으나(416건, 40.9% vs. 34건, 31.8%) 그 다음으로 자전거의 경우 차도가 200건(19.7%)으로 두 번째로 많은 케이스를 보인 반면 PMV에서는 인도에서의 사고가 24건(22.4%)으로 두 번째로 많았다. 공공장소에서 발생한 사고의 경우 PMV 관련 사고가 17건(15.9%), 자전거 관련 사고가 117건(11.5%)으로 PMV에서 더 높은 비율을 보였다.

음주 상태에서 사고가 난 경우는 자전거에서 80건(7.9%), PMV에서 12건(11.2%)이었으며 PMV에서 약간 더 높은 비율을 보였지만 통계적으로 유의한 결과를 보이지는 않았다($P=0.583$). 헬멧을 착용한 케이스는 자전거에서 137건(13.5%)이 있었으나 PMV에서는 단 3건(2.8%) 밖에 없었다.

자전거 관련 사고로 응급실에 내원한 환자 중 863명(84.8%)은 응급실에서 퇴원하였으며 20명(2.0%)은 다른 의료 기관으로 전원되었다. 병실로 입원한 환자들의 수가 94명(9.2%) 중환자실로 입원한 환자들의 수가 40명(4.0%)이었다. PMV의 경우 87명(81.3%)의 환자가 퇴실

Table 1. Patient and accident characteristics for ED visits associated with bicycle and personal mobility vehicle during 3-year period

Characteristic	Bicycle (n=1,017)	PMV (n=107)	P-value
Sex			0.056
Male	823 (80.9)	78 (72.9)	
Female	194 (19.1)	29 (27.1)	
Age (yr)			0.018
8-64	937 (92.1)	105 (98.1)	
≥65	80 (7.9)	2 (1.9)	
Methods of transportation			0.410
EMS	419 (41.1)	49 (45.8)	
Non-EMS	598 (58.9)	58 (54.2)	
Time of the accident			0.812
07:00-18:00	482 (47.4)	52 (48.6)	
18:00-07:00	535 (52.6)	55 (51.4)	
Place of the accident			0.023
Housing facility	60 (5.9)	9 (8.4)	
Public facility	117 (11.5)	17 (15.9)	
Roadway	200 (19.7)	19 (17.5)	
Sidewalk	132 (13.0)	24 (22.4)	
Bicycle road	83 (8.2)	3 (2.8)	
Other roads	416 (40.9)	34 (31.8)	
Others	9 (0.8)	1 (1.2)	
Alcohol use	80 (7.9)	12 (11.2)	0.583
Helmet use	137 (13.5)	3 (2.8)	<0.001
ED results			0.561
Discharge	863 (84.8)	87 (81.3)	
Transfer	20 (2.0)	3 (2.8)	
To ward	94 (9.2)	10 (9.3)	
To ICU	40 (4.0)	7 (6.6)	
EMR-ISS			0.193
Mild (<9)	208 (20.5)	19 (17.8)	
Moderate (9-24)	625 (61.4)	61 (57.0)	
Severe (>25)	184 (18.1)	27 (25.2)	
Death	0	0	

Values are presented as number (%).

ED, emergency department; PMV, personal mobility vehicle; EMS, emergency medical service; ICU, intensive care unit; EMR-ISS, excess mortality ratio-adjusted injury severity score.

하였고 전원간 환자 수는 3명(2.8%)이었다. 10명(9.3%)의 환자가 병실로 입원하였으며 7명(6.6%)의 환자가 중환자실로 입원하였다.

손상의 중증도를 평가하기 위한 척도로 사용된 EMR-ISS 값을 보면 자전거의 경우 9점 미만의 경증이 208건(20.5%), 중등도가 625건(61.4%), 중증이 184건(18.1%)이었고 PMV의 경우 경증이 19건(17.8%), 중등도가 61건(57.5%), 중증이 27건(25.2%)을 보였다. 사망한 케이스는 두 군에서 모두 없었다. 자전거와 PMV에서 모두 중등도가 차지하는 비율이 가장 높았지만 PMV가 자전거에 비해 중증 환자 비율이 높게 나타났다.

자전거와 PMV사고 각각에서 수상 부위별 분포를 Table 2에 나타내었다. 자전거의 경우 567명(55.8%)의 환자가

머리를 수상하였고 PMV의 경우 그보다 약간 높은 69명(64.5%)의 환자가 머리를 수상하였다. P값은 0.365로 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다.

Table 3은 총 1,124개의 자전거 및 PMV 사고에서 중증도를 증가시키는 요인을 알아내기 위해 다 변량 로지스틱 회귀분석을 통한 결과를 나타낸 표이며 중증도를 대변하는 종속변수로 EMR-ISS값을 사용하였다. 이 중 PMV 운전은 중증도를 1.73배 증가시키는 요인이었고(95% confidence interval [CI], 1.06-2.83) 전체 사고에서 나이가 1세 증가할 때마다 중증도는 1.02배 증가되었다(95% CI, 1.01-1.03). 음주운전을 하는 것은 중증도를 1.70배 증가시키는 것으로 나타났고(95% CI, 1.04-2.70) 119를 통해 환자가 응급실로 이송된 경우 2.46배

Table 2. Anatomical body parts injured by the accidents associated with bicycle and PMV

Injured body region	Bicycle (n=1,017)	PMV (n=107)	P-value
Head	567 (55.8)	69 (64.5)	0.365
Neck	11 (1.1)	0	
Thorax	34 (3.3)	2 (1.9)	
Abdomen and pelvis	35 (3.4)	1 (0.9)	
Upper extremity	257 (25.3)	25 (23.4)	
Lower extremity	113 (11.1)	10 (9.3)	

Values are presented as number (%).

PMV, personal mobility vehicle.

Table 3. Multi-variate logistic regression analysis of factors contributing to the severity of injury associated with bicycle and PMV accidents

Variable	OR	95% CI	P-value
PMV	1.73	1.06-2.83	0.029
Age	1.02	1.01-1.03	0.000
Alcohol use	1.70	1.04-2.70	0.033
EMS	2.46	1.78-3.40	<0.001
Helmet use	2.06	1.36-3.13	0.001

PMV, personal mobility vehicle; OR, odds ratio; CI, confidence interval; EMS, emergency medical service.

중증도를 높이는 요인이었다(95% CI, 1.78–3.40). 헬멧 착용은 중증도를 2.06배 높이는 요인으로 작용하였다(95% CI, 1.36–3.13). 위의 자료들은 모두 P값은 0.005 이하로 통계적으로 의미 있는 결과였다.

고 찰

앞서 기술한 바와 같이 전 세계적으로 개인용 이동 장치에 대한 관심과 수요가 증가하고 있는 추세이지만 대부분 커져가는 PMV 시장에 대한 분석에만 초점이 맞춰져 있고 PMV 사고의 손상 메커니즘 및 안전성에 관해 연구를 진행한 논문은 거의 없었다. PMV 관련 사고로 응급실에 내원한 환자들을 분석한 연구들이 몇몇 있었는데 Boniface 등⁷과 Trivedi 등⁸의 논문 등이 대표적이다. Boniface 등⁷은 2005년부터 2008년까지 4년간 Segway 관련 사고로 지역 내 응급실에 내원한 환자들의 의무기록을 조사하여 분석하였고 2019년 Trivedi 등⁸은 2017년 9월부터 2018년 8월까지 Southern California 주의 위치한 2개 병원에 전기 스쿠터(standing electric scooter) 사고로 응급실에 내원한 228명의 환자들에 관해 의무기록을 분석하여 후향성 조사를 진행한 연구결과를 발표하였다. 이렇듯 PMV 관련 사고로 응급실에 내원한 환자들의 데이터를 분석한 논문들이 몇 개 발표되었고 그것의 사고 유형 및 위험성에 관하여 분석한 논문들이 있었으나 다른 이동수단과 비교하여 PMV 사고의 특성을 비교 분석한 논문은 없었다. 우리가

아는 한 본 논문은 PMV로 인한 손상으로 응급실에 내원한 환자에 대한 데이터를 다른 이동수단과 비교 분석한 첫 번째 연구이다.

본 연구에서는 데이터 수집에서 운전자의 나이가 8세 미만일 경우에는 연구에서 제외를 하였다. 소아들은 PMV 혹은 자전거 사고 시 독립적인 운전으로 인한 사고뿐 아니라 보호자와 함께 운전하는 과정에서 발생하는 사고의 경우도 많고 성인과 다르게 handlebar injury 등과 같은 메커니즘으로 수상하는 경우도 있다.⁹ 실제로 본 논문에서 PMV의 경우 8세 미만의 소아로 2명이 배제되었는데 그 중 한 명은 보호자와 같이 탑승한 후 발생한 사고, 나머지 한 명은 운행 중의 사고가 아닌 정지상태에서의 사고였다. 이와 같이 정상적인 운행 외에 발생하는 사고라든가 보편적이지 않은 수상기전으로 손상을 입을 수 있는 연령대까지 같이 연구에 포함시키는 것은 통계적 오류를 높이 가능성이 있다고 판단했다. 또한 PMV에서 운전자가 8세 미만인 경우는 134건 중 2건이었고 자전거의 경우 1,759건 중에 103건으로 자전거에 비해 매우 낮은 비율을 보여 선택 편향의 가능성이 낮추기 위해 이 연령대를 배제하기로 하였다. 최저 연령을 8세로 정한 것은 PMV와 유사하게 대응 가능한 e-bike 사고에 관한 논문 2편을 참고하였고 이 두 건의 논문에서 e-bike 소아 운전자의 나이 분포는 각각 7.5–16세, 13.7세(standard deviation, 4)로 통계적으로 8세 미만의 소아가 운전한 케이스는 거의 없었고 일반적으로 PMV를 이용하는 나이로 예상되는 8세를 최소 연령을 정하였다.^{10,11}

그리고 다른 차량과의 충돌로 인한 사고도 제외하였는데 다른 차량과의 충돌로 인한 사고는 충돌하는 차량의 속도에 따라 손상 기전 및 중증도가 크게 달라질 것으로 예상하여 두 군간의 표준적 비교를 위해 이러한 케이스는 배제하였다. 또한 본 논문에서 다른 차량과의 충돌로 인한 사고로 응급실에 내원한 케이스는 자전거에서 1,759건 중 639건 (36.8%), PMV에서는 134건 중 24건 (17.9%)로 PMV에서 그 수가 확연히 적어 이것을 포함하여 비교하게 되면 중증도를 판단할 때 있어 selection bias로 작용할 가능성이 있어 배제를 하였다. 추후 PMV 케이스가 누적되어 대규모 연구를 할 수 있게 되면 작은 통계적 오류로 다른 차량과의 충돌까지 포함한 연구가 가능할 것이라고 생각된다.

이 연구에서 다변량 로지스틱 회귀분석 결과 PMV 사고는 자전거 사고에 비해서 EMR-ISS로 측정된 중증도가 1.73배 높은 것으로 나타났다(odds ratio [OR], 1.73; 95% CI, 1.06–2.83). 이러한 결과에 관해서 몇 가지 추측이 가능한데 우선 Table 2에서 보인 바와 같이 자전거 도로를 통해 이동하는 경우가 대부분인 자전거에 비해 PMV는 사람들이 많이 지나다니는 공원이나 인도 등에서도 이용자가 많아 보행자들과의 갑작스러운 충돌을 피하기 위해 급제동을 해야 하는 경우가 많이 존재할 것이라는 추측이다. 도로에서 일어나는 사고보다 예측 불가능하고 갑작스럽게 제동을 해야 상황에서 self-balancing 기전이 제대로 작동하지 않을 가능성이 높기 때문에 그만큼 지면으로 떨어질 때 불안정한 상태로 떨어질 가능성이 클 것이라 예측할 수 있다. Xu 등¹²이 발표한 논문에서 전기 스쿠터 사고에서 머리 손상에 영향을 미치는 인자들을 운동역학적으로 분석하였고 손상의 중증도는 충돌하는 차량의 속도, 충돌 시 자세, 낙하 후 지면과의 충돌 속도, 운전자의 크기 등 다양한 요인들에 의해 영향을 받았다. 현재까지 PMV 사고의 손상 메커니즘에 대해서 연구된 바가 거의 없기 때문에 이 부분에 있어서 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

자전거보다 PMV 사고에서 더 높은 중증도를 보인 다른 요인을 생각해 본다면 운전자의 부주의가 PMV 운전자에게서 더욱 높게 나타났을 것이라는 점을 들 수 있다. 자전거 사고와 PMV 사고에서 음주 상태로 수상한 건은 각각 80건 (7.9%), 12건 (11.2%)였다. 음주 상태에서의 운전은 손상의 중증도에 큰 영향을 미친다는 사실은 여러 연구에서 밝혀진 사실이다. 2001년에 Li 등¹³은 혈중 알코올 농도 0.08 g/dL 이상의 음주 상태에서의 자전거 사고가 대조군에 비해 20.2배 (95% CI, 4.2–96.3) 더 치명적인 손상을 입힐 위험을 증가시킨다는 연구 결과를 발표했다. 음주 사고가 PMV에서 통계적으로 유의한 정도로 많지는 않았지만 PMV 사고에서 음주와 중증도에 연관성에 대하여 추가적인 연구가 진행될 필요가 있다.

Rivara 등¹⁴은 자전거 사고에서 중증도와 연관이 있는 요

인들에 대하여 연구를 진행하였는데 그들의 연구에서 5세 이하이거나 40세 이상의 나이, 남성, 다른 차량과의 충돌, 15 mph 이상의 속도, 헬멧의 미착용은 자전거 사고의 중증도와 관련하여 밀접한 연관이 있었다. 본 연구에서 회귀분석 결과 자전거와 PMV 사고에서 운전자의 연령은 연령이 1세 증가할 때마다 중증도를 1.02배 (95% CI, 1.01–1.03) 높이는 요인으로 작용했다. 아마 이것은 운전을 함에 있어서 나이가 들수록 젊은 사람보다 반응속도가 떨어지고 이로 인해 사고가 일어났을 때 대처가 제대로 되지 않아 더욱 중한 손상을 입을 가능성이 크기 때문일 것으로 예상된다.

자전거 사고에서 헬멧의 착용이 중증도를 감소시킨다는 연구 결과는 이미 예전부터 많이 발표되어 왔다. 2017년 systematic review 및 meta-analysis 논문에 따르면 40여개의 논문, 64,000여명의 환자들을 분석한 결과 헬멧 착용 군에서 전체 두부 손상 건수가 OR 0.49 (95% CI, 0.42–0.57)로 적게 나타났고 치명적인 두부 손상의 수도 OR 0.35 (95% CI, 0.14–0.88)로 확연히 감소하는 연구 결과를 보였다.¹⁵ 또한 McIntosh 등¹⁶은 헬멧을 착용한 상태와 헬멧을 착용하지 않은 상태에서의 교통사고 상황을 가정하여 다양한 속도와 각도에서의 충격 상황을 분석하여 헬멧 사용 시 얻는 이점에 대하여 분석하였다. 하지만 본 논문 회귀분석 결과에서 자전거와 PMV에서 헬멧의 착용은 착용하지 않은 군보다 2.06배 중증도가 높았다. 이러한 결과는 지금까지의 연구 결과와는 다른 결과를 보였는데 이것에 관해서 몇 가지 생각해 볼 수 있는 점이 있다. 우선 헬멧을 착용한 군의 환자가 헬멧을 착용하지 않은 군의 환자보다 더 빠른 속력을 가지고 운전했을 가능성이 있다. 헬멧이나 다른 보호 장비를 착용하고 자전거나 PMV 등에 탑승하는 사람들은 그렇지 않은 사람보다 더욱 전문적으로 레저를 즐기기 위한 목적의 성향을 가졌을 가능성이 높다. 그로 인해 사고 시 더 빠른 속력으로 수상하여 더 중한 손상으로 이어졌을 수도 있을 것이란 추측이다. 또한 중증도가 더 높았다고 할지라도 그것이 헬멧이 머리를 보호하지 못했다는 것을 의미할 수는 없다. 본 연구에서 중증도의 척도로 사용한 EMR-ISS는 AIS로 표현된 중증도의 합인 개념이기 때문에 실제로 머리 손상의 중증도 차이가 얼마나 나는지에 대해서는 확인할 수 없는 한계가 있다. 이러한 부분은 추후 추가적인 연구나 데이터 보완으로 인해 다시 분석되어야 할 필요가 있다.

이전에 PMV에 관해 행해졌던 연구들을 보면 우선 Boniface 등⁷의 경우는 41명의 segway 관련 환자에 대해 연구를 했고 4년간의 자료로 이루어진 연구로써 지금까지 PMV의 사용이 보편적이지 않을 시점에 이루어진 연구였다. 응급실을 방문하는 환자의 대한 기본적인 특성 및 진료 결과에 대한 간단한 내용을 다루었고 41명의 환자 중 10명이 입원을 했고 그 중 4명은 중환자실로 입실하는 환자였다. 비록 적은 케이스를 가지고 연구를 했지만 그 전에

한번도 이와 관련된 주제를 다룬 논문은 없어서 의미 있는 연구라고 생각된다.

Trivedi 등⁸의 연구는 비교적 최근에 이루어진 대규모 연구로 228명의 환자를 대상으로 하였고 Boniface 등⁷의 연구보다 더 깊이 있는 내용을 다루었는데 환자들의 기본적인 특성뿐 아니라 손상 부위와 손상의 종류, 그리고 보호장구의 착용 유무 등을 다루며 PMV 사고의 특성 및 위험성에 대해 다룬 대표적인 연구였다.⁸

하지만 앞선 두 연구와 비교하여 본 연구에서는 PMV 사고로 내원하는 환자들의 특성 및 손상기전에 대한 기술뿐만 아니라 자전거 사고와 비교하여 상대적 위험성을 도출함으로써 더 의미 있는 결과를 낼 수 있었다고 생각한다. Trivedi 등⁸의 연구에서 머리 손상의 비율은 40.2%였고 헬멧 착용 비율은 4.4%에 불과하였다. 본 연구에서는 머리 손상의 비율이 64.5%로 더 높았음에도 불구하고 헬멧은 단 2.8%의 환자만이 착용하여 헬멧을 착용하는 환자의 비율이 굉장히 낮은 것을 다시 한번 본 논문에서 확인되었다.

이 연구에서는 몇 가지 제한점이 있었는데 우선 위에서 언급하였듯이 중증도를 AIS의 합으로 정의된 EMR-ISS라는 척도로 사용하였기 때문에 자세한 손상 부위별 중증도의 차이를 알아내기는 어려웠다. 자전거나 PMV 사고에서 두부 손상이 어느 정도 빈도로 나타나고 얼마나 중한 손상으로 나타나는지에 대한 정보는 헬멧 착용의 필요성을 주장하기 위한 탄탄한 근거로 사용될 수 있기 때문에 개별적인 두부 손상의 중증도를 조사하는 연구가 추후에 이루어져야 할 것으로 보인다. 두 번째로 PMV는 종류가 매우 다양하고 그 종류에 따라 사고 기전이 다를 것으로 예상되어 PMV 종류를 더 세밀하게 나누어서 그에 따라 분석을 했으면 좀 더 정확한 자료를 얻을 수 있었을 것이라 생각된다.

또한 본 연구는 의무기록 조사를 통해 후향적으로 진행되었고 3년이라는 동일한 기간 동안 자전거 및 PMV 케이스가 추출되었는데 자전거에 비해 PMV 환자의 수가 확연히 적어 각각의 케이스로 회귀분석을 진행해 비교하기에는 제한이 있었다. 추후 전향적인 연구를 진행하여 독립적으로 회귀분석을 진행한 자료를 분석하여 자전거 사고와 비교해 PMV 사고의 중증도에 영향을 미치는 인자들을 분석하는 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다.

결론적으로, PMV사고는 자전거사고와 비교하여 손상의 중증도가 더 높은 것으로 나타났다. 손상의 기전 및 중증도에 영향을 주는 인자에 대해서 추가적인 연구가 필요할 것으로 보이며 헬멧 및 안전장비 착용에 관한 법률 및 도로 운행에 관한 세부 지침 등이 마련될 필요가 있다.

ORCID

Jong Bok Jeon (<https://orcid.org/0000-0002-9598-3155>)

Jae Ho Jang (<https://orcid.org/0000-0001-8625-9803>)

Yong Su Lim (<https://orcid.org/0000-0003-4390-4010>)

Jea Yeon Choi (<https://orcid.org/0000-0002-9326-5897>)

Jin Seong Cho (<https://orcid.org/0000-0001-6762-4692>)

Jae-Hyug Woo (<https://orcid.org/0000-0001-9710-3265>)

Woo Sung Choi (<https://orcid.org/0000-0002-0011-0985>)

Hyuk Jun Yang (<https://orcid.org/0000-0001-8324-9749>)

Sung-Youl Hyun (<https://orcid.org/0000-0002-9419-244X>)

CONFLICT OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

REFERENCES

1. Complete guide to E-Scooter and PMD laws in Singapore [Internet]. Singapore: Singapore Legal Advice; 2019 [cited 2019 Aug 1]. Available from: <https://singaporelegaladvice.com/law-articles/e-scooter-laws-singapore>.
2. The Korea Transport Institute. Domestic personal mobility market, expected to triple from 60,000 units in 2016 to 200,000 units in 2022 [Internet]. Sejong: The Korea Transport Institute; 2017 [cited 2019 Aug 1]. Available from: https://www.koti.re.kr/user/bbs/BD_selectBbs.do?q_bbsCode=1005&q_bbscttSn=20170906164600945&q_clCode=1&q_lwprrtClCode=-1.
3. Lee SI, Kim SH, Kim TH. A comparison study on the risk and accident characteristics of personal mobility. J Korean Soc Saf 2017;32:151-9.
4. Shin HC, Lee JY, Kim SR. Study on the improvement of laws and regulations for personal mobilities. Sejong: The Korea Transport Institute; 2017. p.1-115.
5. Rising safety concerns over use of personal devices in Korea [Internet]. Seoul: The Korea Herald; 2018 [cited 2019 Aug 1]. Available from: <http://www.koreaherald.com/view.php?ud=20180823000326>.
6. Kim J, Shin SD, Im TH, et al. Development and validation of the excess mortality ratio-adjusted injury severity score using the international classification of diseases 10th Edition. Acad Emerg Med 2009;16:454-64.
7. Boniface K, McKay MP, Lucas R, Shaffer A, Sikka N. Serious injuries related to the Segway® personal transporter: a case

- series. *Ann Emerg Med* 2011;57:370-4.
8. Trivedi TK, Liu C, Antonio AL, et al. Injuries associated with standing electric scooter use. *JAMA Netw Open* 2019;2:e187381.
 9. Sparnon AL, Ford WD. Bicycle handlebar injuries in children. *J Pediatr Surg* 1986;21:118-9.
 10. Hermon K, Capua T, Glatstein M, Scolnik D, Tavor O, Rimon A. Pediatric electric bicycle injuries: the experience of a large urban tertiary care pediatric hospital. *Pediatr Emerg Care* 2018 Jan 11 [Epub]. <https://doi.org/10.1097/PEC.0000000000001395>.
 11. Gross I, Weiss DJ, Eliasi E, Bala M, Hashavya S. E-bike-related trauma in children and adults. *J Emerg Med* 2018; 54:793-8.
 12. Xu J, Shang S, Qi H, Yu G, Wang Y, Chen P. Simulative investigation on head injuries of electric self-balancing scooter riders subject to ground impact. *Accid Anal Prev* 2016;89: 128-41.
 13. Li G, Baker SP, Smialek JE, Soderstrom CA. Use of alcohol as a risk factor for bicycling injury. *JAMA* 2001;285:893-6.
 14. Rivara FP, Thompson DC, Thompson RS. Epidemiology of bicycle injuries and risk factors for serious injury. *Inj Prev* 1997;3:110-4.
 15. Olivier J, Creighton P. Bicycle injuries and helmet use: a systematic review and meta-analysis. *Int J Epidemiol* 2017; 46:278-92.
 16. McIntosh AS, Lai A, Schilter E. Bicycle helmets: head impact dynamics in helmeted and unhelmeted oblique impact tests. *Traffic Inj Prev* 2013;14:501-8.