



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

이화여자대학교 대학원

2012 학년도

박사학위 청구논문

기상요소와 교통사고  
손상에 관한 역학 연구

醫 學 科

李 元 慶

2013

기상요소와 교통사고  
손상에 관한 역학 연구

이 論文을 博士學位 論文으로 提出함

2012년 12월

梨花女子大學校 大學院

醫學科 李 元 慶

李 元 慶의 博士學位 論文을 認准함

지도교수      박   혜   숙

審査委員      하   은   희

박   혜   숙

홍   윤   철

김   호

황   승   식

梨花女子大學校 大學院

# 목 차

논문개요 .....	viii
I. 서 론 .....	1
A. 연구의 배경 .....	1
1. 교통사고의 공중보건학적인 중요성 .....	1
2. 교통사고와 관련된 기상요소 .....	1
3. 기상요소의 효과에 대한 결정요인 .....	3
B. 연구목적 .....	4
II. 연구 대상 및 방법 .....	5
A. 연구자료 .....	5
1. 교통사고통합데이터베이스 .....	5
2. 기상자료 .....	6
B. 통계분석 .....	6
1. 일반화 가법모형(Generalized additive model) .....	7
2. 조각별 선형 회귀 모형(Piecewise linear regression model) .....	8
3. 모형 선택 .....	9
III. 연구 결과 .....	10
A. 연구 지역의 특성 .....	10

1. 연구지역의 기후 특성 .....	10
2. 연구지역의 교통사고 발생규모 .....	12
3. 연구지역의 기온 및 교통사고 추세 .....	14
B. 교통사고 손상과 기상의 연관성 .....	15
1. 월별, 계절별 교통사고 손상 발생률 .....	15
2. 기온의 영향 .....	16
3. 비, 눈, 안개의 영향 .....	18
C. 교통사고 유형별 연관성 .....	22
1. 남성운전자 대 여성운전자 교통사고 .....	22
2. 노인운전자 대 청장년운전자 교통사고 .....	31
3. 경증 대 중증 교통사고 .....	41
4. 보행자교통사고, 탑승자교통사고 대 이륜차 교통사고 .....	51
 IV. 고 찰 .....	 65
A. 주요결과 .....	65
B. 선행 연구와 비교 .....	65
1. 비 .....	65
2. 눈 .....	68
3. 기온 .....	70
4. 안개 .....	71
5. 유형별 교통사고에 미치는 영향의 차이 .....	72
C. 의미 .....	73
D. 강점 및 제한점 .....	74
1. 강점 .....	74
2. 제한점 .....	74

V. 결 론 .....	76
VI. 참고문헌 .....	77
Abstract .....	80

## LIST OF TABLES

Table 1. Meteorological characteristics of Seoul, 2007–2011 .....	11
Table 2. Daily frequencies of cases and injured patients of traffic accidents in Korea, 2007–2011 .....	13
Table 3. Percent Change of all injuries from traffic accidents associated with 1°C increase of mean temperature .....	18
Table 4. Effect of precipitation, snow, and fog on all injuries from traffic accidents .....	19
Table 5. Combined effect of precipitation, spell, snow, and cold wave on all injuries from traffic accidents .....	21
Table 6. Percent Change of injuries from male and female drivers associated with 1°C increase of mean temperature .....	27
Table 7. Effect of precipitation, snow, and fog on all injuries from male and female drivers .....	28
Table 8. Season-specific effect of precipitation, snow, and fog on all injuries from male and female drivers .....	29
Table 9. Combined effect of precipitation, spell, snow, and cold wave on injuries from male and female drivers .....	30
Table 10. Percent Change of injuries from elder and young drivers associated with 1°C increase of mean temperature .....	36
Table 11. Effect of precipitation, snow, and fog on injuries from elder and young drivers .....	37
Table 12. Season-specific effect of precipitation, snow, and fog on injuries	



from elder and young drivers .....	38
Table 13. Combined effect of precipitation, spell, snow, and cold wave on injuries from elder and young drivers .....	40
Table 14. Percent Change of mild and severe injuries from traffic accidents associated with 1°C increase of mean temperature .....	46
Table 15. Effect of precipitation, snow, and fog on mild and severe injuries from traffic accidents .....	47
Table 16. Season-specific effect of precipitation, snow, and fog on mild and severe injuries from traffic accidents .....	48
Table 17. Combined effect of precipitation, spell, snow, and cold wave on mild and severe injuries from traffic accidents .....	50
Table 18. Percent Change of injuries according to types of traffic accidents associated with 1°C increase of mean temperature .....	59
Table 19. Effect of precipitation, snow, and fog on injuries according to types of traffic accidents .....	61
Table 20. Season-specific effect of precipitation, snow, and fog on car-occupant and pedestrian injuries according to types of traffic accidents .....	62
Table 21. Season-specific effect of precipitation, snow, and fog on drink-driving and motorcycle injuries according to types of traffic accidents .....	63
Table 22. Combined effect of precipitation, spell, snow, and cold wave on injuries according to types of traffic accidents .....	64
Table 23. Key findings of the literature .....	76

## LIST OF FIGURES

Figure 1. Trend of daily mean temperature in Seoul, 2007–2011 .....	14
Figure 2. Trend of total injuries from traffic accidents in Seoul, 2007–2011 .....	15
Figure 3. Monthly incidence§ of total injuries from traffic accidents in Seoul .....	16
Figure 4. Relationship between frequency of all injuries from traffic accidents and temperature in Seoul, 2007–2011 .....	17
Figure 5. Monthly incidence§ of injuries from male and female drivers ....	22
Figure 6. Trend of injuries from male and female drivers in Seoul, 2007–2011 .....	23
Figure 7(Cont.). Relationship between frequency of injuries from male and female drivers and temperature(°C) .....	25
Figure 7. Relationship between frequency of injuries from male and female drivers and temperature(°C) .....	26
Figure 8. Monthly incidence§ of injuries from elder and young drivers ....	31
Figure 9. Trend of injuries from elder and young drivers in Seoul, 2007–2011 .....	32
Figure 10(Cont.). Relationship between frequency of injuries from elder and young drivers and temperature(°C) .....	34
Figure 10. Relationship between frequency of injuries from elder and young drivers and temperature(°C) .....	35
Figure 11. Monthly incidence§ of mild and severe injuries from traffic	

accidents .....	41
Figure 12. Trend of mild and severe injuries from traffic accidents in Seoul, 2007–2011 .....	42
Figure 13(Cont.). Relationship between frequency of mild and severe injuries from traffic accidents and temperature(℃) .....	44
Figure 13. Relationship between frequency of mild and severe injuries from traffic accidents and temperature(℃) .....	45
Figure 14. Monthly incidence§ of injuries according to types of traffic accidents .....	52
Figure 15(Cont.). Trend of injuries injuries according to types of traffic accidents in Seoul, 2007–2011 .....	53
Figure 15. Trend of injuries according to types of traffic accidents in Seoul, 2007–2011 .....	54
Figure 16. Relationship between frequency of injuries according to types of traffic accidents and temperature(℃) in all seasons .....	56
Figure 17. Relationship between frequency of injuries according to types of traffic accidents and temperature(℃) in summer .....	57
Figure 18. Relationship between frequency of injuries according to types of traffic accidents and temperature(℃) in winter .....	58

## 논문개요

교통사고는 비의도적 손상사망의 주요원인이며, 중요한 공중보건학적인 문제이다. 교통사고를 줄이기 위해서는 교통사고의 위험으로 작용하는 기상요소에 대한 파악을 하고 어떤 집단에게 중재를 시행할지 결정하는 것이 필요하다. 선행 연구들에서는 일반적으로 비가 올 때 교통사고 손상이 증가하였으나, 강수량과 지난 강수와의 간격, 눈과의 동반 유무, 교통사고 유형 등에 의하여 영향의 크기가 다르게 나타났다. 또한 눈이 교통사고를 증가시키는지에 관한 논란은 아직도 존재하며, 기온이나 안개의 영향을 연구한 문헌들은 매우 제한적이다.

본 연구에서는 2007~2011년의 도로교통공단 교통사고 통합데이터베이스와 기상청 관측자료를 이용하여 서울지역의 계절, 기상요소와 교통사고 부상자 발생의 연관성을 파악하였다. 기온과 교통사고 손상 발생의 관계는 일반화 방법모형과 조각별 선형회귀모형을 이용하여 분석하였다.

주요 연구 결과를 요약하면, 대부분 따뜻한 계절에 교통사고로 인한 손상이 빈번하게 일어나며 겨울에는 감소하였다. 그러나 탑승자 교통사고, 남성운전자 또는 청장년운전자에 의한 부상, 경증 부상자 발생은 겨울철 임계값 이하의 혹한에서 증가하였다. 눈과 비에 의한 교통사고 부상자의 증가도 뚜렷하였으며, 한파와 적설이 같이 관측된 날에는 그 위험이 더욱 컸다. 반면, 여성운전자, 노인운전자, 보행자 교통사고로 인한 손상 발생은 혹한과의 관련성이 뚜렷하지 않았으며, 눈이나 비의 영향 또한 의미있는 증가를 보이지 않거나 오히려 음의 관련성을 보였다. 이륜차 교통사고에 의한 손상 발생은 기온 하강시와 좋지 않은 날씨(비, 눈)일 때 급격하게 감소하였다.

이를 통하여 교통사고 손상의 위험이 높은 날에 대하여 파악하고 기상요소

의 영향이 크게 나타나는 군을 대상으로 적절한 위험 회피와 안전한 운전행태를 교육하는 데 근거자료로 사용될 수 있을 것이다.

# I. 서 론

## A. 연구의 배경

### 1. 교통사고의 공중보건학적인 중요성

교통사고는 비의도적인 손상사망의 가장 큰 원인이다. 특히 교통사고는 그 규모가 클 뿐 아니라 어린이, 청소년 및 청년기의 주요 사망원인으로 작용하므로 공중보건학적으로 매우 중요한 문제이다. 통계청 사망자료에 의하면 전체 연령에서 사망원인 9위이지만, 1~29세까지의 사망원인 2위, 30~39세의 사망원인 3위에 해당하였다(통계청, 2011). 국제보건기구에 의하면 2008년 교통사고 인한 사망은 약 121만 명에 해당할 것이라고 추산하고 있다(WHO, 2008). 우리나라는 1990년대부터 교통사고를 줄이기 위한 노력들이 진행되며 사망률이 급속하게 감소하였으나, 2009년 조사결과 아직 OECD국가들 중 교통사고 사망률이 높은 3위에 해당하여 폴란드와 비슷하였다(OECD factbook, 2011). 북미의 경우에도 교통량의 증가를 고려하더라도 아직 교통사고 사망률은 높다고 판단하고 있다(Mills et al, 2011). 따라서 지역사회, 정부 차원뿐만 아니라 국제기구에서도 힘을 합하여 교통사고 예방을 위해 노력하고 있다. 한 가지 예로 국제보건기구에서 도로 안전을 위하여 2011년 Decade of Action for Road Safety 2011-2020를 선포하고 100여개 나라들의 노력을 이끌어내고 있다.

### 2. 교통사고와 관련된 기상요소

교통사고와 관련된 기상요소에 대한 선행연구들은 대부분 비가 교통사고 발생률 증가에 연관성을 밝히는 데 집중되어 있다. 1990년대 진행된 연구들에서는 교통사

고 위험이 각각 1.7배, 1.6배, 2.0배, 2.2배 증가한다고 보고하였다(Andrey and Yagar, 1993; Andrey and Olley, 1990; Brodsky and Hakkert, 1988; Bertness, 1980; Sherretz and Farhar, 1978). 그러나 최근에 이러한 영향이 교통사고 중증도에 따라, 기상 상황별로 다르게 나타난다는 연구들이 나오고 있다. 1975~2000년 미국 교통사고 자료를 분석한 연구에서 비가 소량(0~1cm) 올 경우, 전체 및 비치명적 손상은 위험이 증가하였지만 치명적 교통사고가 오히려 감소하였다(Eisenberg et al, 2004). 그러나 비가 2cm이상 많이 올 경우, 교통사고 중증도와 상관없이 교통사고 발생건수 및 손상은 증가하였다. 또한 비가 교통사고에 미치는 영향은 비가 지속적으로 올 때와 그렇지 않을 때 다르게 나타났다(Keay et al, 2006). 마지막 비가 온 날로부터 멀리 떨어져서 비가 새롭게 올 경우, 전체 교통사고 발생에 미치는 영향은 10%에서 25%까지 커진다고 발표하였다(Eisenberg et al, 2004). 이러한 효과는 강수량과 연관이 있어서 비가 많을수록 교통사고 증가 효과가 커졌다.

선행연구들을 통하여 비에 의하여 전체 교통사고가 증가한다는 사실에는 어느 정도 일치하는 반면, 교통사고에 대한 눈의 영향은 선행 연구도 제한적이고 아직 논란이 존재한다. 눈이 비가 오는 것보다 교통사고 위험을 높인다는 연구가 존재하는 반면, 눈이 오는 날 교통사고가 적다는 보고도 존재한다. 2008년 4개의 연구 결과를 이용하여 메타분석을 시행한 결과 교통사고 손상 발생률이 75%(95%CI: 54-96%) 증가하므로 비보다(49%) 높은 영향을 준다고 발표하였다(Qiu et al, 2008). 반대로 눈이 오면 교통사고가 감소한다는 보고 또한 존재한다(Fridstrom et al, 1995). 다른 연구에서는 중증도에 따라 치명적 교통사고는 감소하나 재산피해만 발생하는 사고는 증가하고, 교통사고 손상과는 연관성이 없으므로 다른 방향으로 작용한다고 보고하였다(Eisenberg et al., 2004).

기온이나 안개의 영향은 더욱 제한적으로만 이루어져 있다. 기온의 경우, 응급실 내원 또는 구급서비스를 이용하는 손상환자에 대한 영향을 통하여 간접적으로 밝힌 연구들이 존재한다(Kim et al, 2012). 혹은 겨울철 빙판길에 대한 교통사고 영

향을 조사한 연구들이 있으나 기온과의 관련성을 직접 파악한 연구는 매우 제한적이다(Morgan et al, 2011). 안개의 경우 가시거리를 저하시켜서 교통사고가 증가한다는 연구와 도로 조명을 늘릴 경우 교통사고가 감소하였다는 연구가 존재한다(Abdel-Aty et al, 2011; Wanvik et al, 2009). 그러나 안개의 교통사고 위험 증가에 관한 연구들은 결론을 내리기에 아직 부족하다(Abdel-Aty et al, 2011; Qui et al, 2008).

### 3. 기상요소의 효과에 대한 결정요인

교통사고는 복합적인 현상으로 물리적 환경, 사회적 환경, 법, 행동양식, 매개체(운송수단) 등에 의해 영향을 받는 복합적인 현상이다. 따라서 기존의 연구들에서 도로 또는 기상요건이 다른 환경뿐만 아니라 운전문화, 교통량, 교통법, 연구시점이 다른 환경에서 연구를 진행하였기 때문에 계절 또는 기상요소들이 교통사고에 미치는 영향은 다를 수밖에 없다. 뿐만 아니라 기상요소의 정의, 연구방법, 자료원에 의해서도 그 영향이 다르게 측정될 수 있다(Mills et al., 2011). 따라서 우리나라에서 기상요소들이 교통사고 손상에 미치는 영향을 파악하기 위해서는 우리나라의 최근자료를 이용하여 다양한 기상요소들의 영향을 총체적으로 알아보아야 한다. 그러나 우리나라에서는 그동안 기상요소의 영향에 대하여 다양한 분야에서 연구가 진행되었지만 교통사고에 관한 연구는 매우 제한적이었다(Lim et al., 2012).



## B. 연구목적

본 연구에서는 도로교통공단 통합데이터베이스와 기상청 관측자료를 이용하여 지난 5년간 서울지역에 발생한 전체 교통사고 부상자와 각각의 기상요소(온도, 비, 눈, 안개)의 영향에 관하여 파악하고자 하였다.

연구의 구체적인 연구 목적은 다음과 같다.

첫째, 교통사고 손상 발생에 대한 계절의 영향에 대해 확인한다.

둘째, 교통사고 손상 발생에 대한 각각 기상요소의 개별적 영향 및 상황별 영향에 대해 파악한다.

셋째, 교통사고 손상 발생에 대한 기상요소의 영향이 유형별로 다르게 나타는지 파악한다.

## II. 연구 대상 및 방법

### A. 연구자료

#### 1. 교통사고통합데이터베이스

도로교통공단의 교통사고 통합데이터베이스를 이용하였다. 교통사고 통합데이터베이스는 교통사고에 통계의 일치 및 통합관리를 위하여 경찰청, 손해보험사, 공제조합(택시, 화물, 버스 등)의 분산된 자료원들을 통합하여 데이터베이스를 구축한 것이다. 기존의 경찰청 자료와 비교하여 경중 사고 및 경찰에 신고하지 않은 자료를 포함하고 있으며, 2007년부터 이용가능하다. 이 자료원에서 교통사고는 도로에서 차량으로 인하여 발생한 사고 중 인적 피해를 수반하는 사고를 의미하며, 이 연구에서는 2007년부터 2011년까지 5년간 발생한 교통사고 유형별 건수, 사망자수, 부상자수를 이용하였다.

교통사고 통합데이터베이스의 정의에 따라 중증도, 유형별 부상자수를 추출하여 기상요소와의 연관성을 분석하였다. 데이터베이스에서는 교통사고로 인한 손상의 중증도는 치료 요구기간으로 정의하고 있다. 부상의 경우 5일 미만의 치료, 경상의 경우 5일 이상 3주 미만의 치료를 필요로 하는 손상을 의미한다. 중상은 3주 이상의 치료를 필요로 하는 손상을 말하며, 사망은 교통사고 발생시로부터 30일 이내 사망한 경우로 WHO와 동일한 정의를 이용하여 국제비교가 가능하도록 하였다. 손상 중증도를 이용하여 교통사고를 분류하여 사망 또는 중상자가 1명 이상 발생한 중증 사고와 그렇지 않은 경중 사고를 구분하였다.

교통사고 유형은 교통사고 기록상 교통사고에 가장 많이 기여한 제1 당사자의 성별과 연령에 따라 구분되고 있다. 제1 당사자가 여성운전자인 경우와 남성운전자인 경우, 만 65세 이상 노인운전자인 경우와 65세 미만의 청장년운전자를 비교

하였다.

교통사고 유형은 탑승자 교통사고와 보행자, 이륜차사고를 구분하여 비교하였다. 탑승자교통사고는 차량간 충돌에 의한 사고이며, 보행자교통사고는 차가 보행자에게 충격을 가한 사고, 이륜차는 배기량 125cc 이상의 이륜자동차를 의미한다.

## 2. 기상자료

기상자료는 기상청(Korea Meteorological Office)의 지상관측자료를 이용하였다. 관측소는 총 64개로 이 중 서울관측소는 종로구에 위치하였으며, 기온, 습도, 현지 기압, 강수량, 안개 등의 기상현상은 매 시간마다 관측된다. 반면, 적설량, 신적설량은 3시간마다 측정된다. 본 연구에서는 2007~2011년 자료를 이용하여 일평균기온, 일교차, 일평균습도, 일평균기압으로 계산하여 사용하였으며, 눈과 비의 경우, 일강수량, 평균적설량으로 추출하여 사용하였다.

## B. 통계분석

서울지역의 계절별 기상 특성과 교통사고 빈도를 평균과 표준편차를 구하여 비교하였다. 시간에 따른 변화 그래프를 그려서 교통사고의 계절적 영향과 추세를 파악하였다. 계절별 교통사고 손상환자의 빈도를 비교할 때 3~5월을 봄, 6~8월을 여름, 9~11월을 가을, 12월과 1~2월을 겨울로 분류하여 북반구기준의 기상학적 정의를 사용하였다. 교통사고 손상환자의 월별 발생은 서울지역의 2007~2011년 주민등록인구를 고려하여 30일 동안 인구 10만 명당 교통사고 손상환자의 발생률로 환산하고 원도표로 나타내었다.

기상요소의 개별 영향을 파악하기 위하여 일반화가법모형과 조각별 선형회귀분석을 실시하였다.

## 1. 일반화 가법모형(Generalized additive model)

일반화 가법모형(Generalized additive model, GAM)을 이용하여 기상자료와 교통사고 손상의 발생에 대한 모형을 구축하고 시각적으로 나타내었다. 일반화 가법모형은 설명변수와 결과변수의 비선형 관계를 갖을 때, 모수적인 방법과 비교하여 통계적 검정력의 감소를 최소화하며 모형 적합(model fitting)을 높일 수 있는 방법이다. Hastie와 Tibshirani가 개발하여 1990년대 초에 제안한 후, 여러 분야에서 널리 사용되고 있는 수학적 모델이다(Hastie and Tibshirani, 1986; Figueiras et al, 2001). 일반화 선형모형(Generalized linear model, GLM)과 비교하여 일반화 가법모형의 가장 큰 특징은 비모수적인 함수관계인 평활 함수(smooth function)를 이용하여 각각의 기상요소와 손상발생의 비선형적 함수관계에 대하여 유연한 모형 적용을 가능하게 한다.

$$E(Y/X_1, X_2, \dots, X_p) = s_0 + \sum_{j=1}^p s_j(X_j)$$

평활 함수(smooth function)은 일반화 선형모형처럼 정해진 함수관계를 사용하는 것이 아니라, 여러 함수들의 합을 이용하여 결과변수의 변화를 추정하는 방법으로 비모수적인 성격을 갖는다. 일반적으로 삼차 스플라인 평활기(cubic spline smoother)를 이용하여 별점최소제곱(penalized least square)이 최소가 되도록 한다.

$$\sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 + \lambda \int_a^b [f''(x)]^2 dx$$

$\lambda$ : a fixed constant

$a \leq x_1 \leq \dots \leq x_n \leq b$

별점최소제곱은 최소제곱(least square)에 해당하는 수식의 앞부분과 함수의 굴곡정도를 제한하는 수식 뒷부분의 합으로 나타난다. 람다( $\lambda$ )는 양의 값을 갖는 평활 모수(smoothing parameter)로 모형의 자료 근접도와 함수의 굴곡정도에 대한 균형을 결정

한다. 통계프로그램에서는 자유도와 Akaike's Information Criterion(AIC)을 이용하여 함수 및 모델을 결정하는 기준으로 이용한다. 자유도 변화에 따른 AIC 값이 어떻게 변화하는지 확인하고, 최소값이 되는 자유도를 선택하며 설명변수와 결과변수의 관계를 결정한다. AIC는 여러 모형들 중 자료에 가장 적합하면서 경제적인 모형을 선택하는 기준으로 사용된다.

$$AIC = \frac{deviance}{n} + \frac{2df\phi}{n}$$

$n$ : the number of subjects,  $\phi$ : deviance/( $n - df$ )

이 연구에서는 일반화 가법모형을 이용하여 기상요소와 교통사고 손상발생의 관계를 그래프로 파악하였다. 기온이 변동함에 따라 교통사고 발생으로 인한 손상이 어떻게 변하는지 비모수적 관계를 시각적으로 확인할 수 있었다. 일반화 가법모형은 모델의 유연성과 통계적 검정력 손실 사이의 균형을 통하여 비모수 관계를 잘 파악할 수 있다는 장점을 갖지만, 제한점 또한 존재한다. 일부 통계프로그램을 이용하여 추정값(estimate)을 구하는 방법을 제시한 연구자들이 있지만, 일반적으로 일반화 가법모형은 추정값을 제시하여 주지 않는다. 이외에도 과도한 유연성에 의한 모형의 과대적합(overfitting) 또는 작은 비정칙성(minor irregularity)을 일으킬 수 있다는 단점이 있다.

## 2. 조각별 선형 회귀 모형(Piecewise linear regression model)

날씨 특성이 손상발생에 미치는 단기적인 영향을 파악하기 위해서 조각별 선형 회귀모형(Piecewise linear regression model)을 이용하였다. 앞서 일반화 가법모형을 이용하여 기온과 교통사고 부상자 수의 관계를 시각적으로 파악한 후 필요시 조각별 선형회귀모형을 이용하여 추정값을 구하였다(Kim et al., 2004).

$$\log E(Y) = \beta + \beta_1 \times \text{temperature} + \beta_2 \times (\text{temperature} - \zeta)_+ + S_1(x_1) + \dots + S_p(x_p)$$

$(x - \zeta)_+ = \max(x - \zeta, 0)$ 으로 정의하였으므로, 기온이 임계치( $\zeta$ )보다 작은 경우 모델은  $\log E(Y) = \beta + \beta_1 \times \text{temperature} + S_1(x_1) + \dots + S_p(x_p)$ 이 된다. 임계치보다 큰 경우는  $\log E(Y) = \beta - \beta_2 \zeta + (\beta_1 + \beta_2) \times \text{temperature} + S_1(x_1) + \dots + S_p(x_p)$ 으로 되며, 두 직선은 임계치에서 만나도록 설계되어 있다.

이 연구에서는 임계치의 위치를 구하기 위하여 일반화 가법모형을 통하여 시각적으로 얻은 임계치를 이용하였다. 각각의 모형에 대하여 추정된 임계치 주변 10°C 구간을 0.1°C 간격으로 AIC를 계산한 후 최소의 AIC가 되도록 임계치를 설정한 후 선형회귀모형의 구하여 온도 상승의 단기적인 효과를 구하였다.

### 3. 모형 선택

기상요소의 단기영향을 평가하기 위하여 교란변수로 작용하는 요일, 법정공휴일 유무, 장기적 추세 등의 달력관련 변수를 이용하여 보정하였다. 또한 기온, 전날과의 기온의 차, 기압, 강수량, 적설량, 안개는 서로 보정하여 개별적인 영향을 구하였다. 강수량은 비가 오지 않는 날을 기준으로 중위수(3.5mm) 미만과 이상으로 나누었으며, 적설량도 눈이 관측되지 않은 날을 기준으로 눈이 중위수(1.78cm) 미만과 이상으로 관측된 날로 나누어서 효과를 파악하였다. 안개는 기상청 관측자료를 이용하여 하루 중 1시간이상 안개가 관측되었는지 유무에 따라 안개가 관측된 날과 그렇지 않은 날로 분류하여 사용하였다.

모든 통계분석은 양측검정 P value < 0.05인 경우를 통계적 유의수준으로 판정하였고, SAS 9.2 통계프로그램(SAS Inc., Cary, NC, USA)와 R 2.15.0 통계프로그램(R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.)을 사용하였다.

### Ⅲ. 연구 결과

#### A. 연구 지역의 특성

##### 1. 연구지역의 기후 특성

2007~2011년 서울지역의 기후특성을 평균과 범위(최저, 최고)로 요약하여 계절별로 비교하였다 (Table 1). 평균기온과 범위는 봄과 가을은 각각 섭씨 11.7도 (-5.0~24.4), 14.9도 (-4.2~27.0)로 유사하였으며, 여름과 겨울은 각각 섭씨 24.4도 (14.9~30.0), -0.5도 (-14.6~12.2)로 큰 차이를 보이며 뚜렷한 사계절을 갖고 있다. 반면, 일교차의 경우 봄, 가을이 각각 8.5도, 7.9도로 크게 나타났으며, 여름, 겨울의 경우 6.7도, 7.0도로 상대적으로 작게 나타났다.

일평균 강수량은 여름에 11.3mm 으로 가장 많았으며, 가을, 봄, 겨울의 순서로 감소하였다. 관찰기간 중 여름에는 51%에서 비가 내렸으며, 이 중 3.5cm 이상 내린 날이 62.3%에 해당하였다. 반면 겨울의 경우 약 22%에서만 비가 내린 것을 관찰할 수 있었으며, 이중 3.5cm 이상 내린 날은 24%였다.

5년 중 서울지역에서 봄, 가을, 겨울동안 눈이 관찰된 날은 각각 14일, 5일, 124일이었다. 겨울의 평균 적설량은 1.1cm으로 최고 23cm까지 관찰되었으며, 겨울기간동안 약 15%의 날에는 1.8cm이상의 눈이 쌓여있었다.

Table 1. Meteorological characteristics of Seoul, 2007–2011

	Spring(n=460)		Summer(n=460)		Fall(n=455)		Winter(n=451)	
	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
<b>Temperature</b>								
Mean (°C)	11.7	-5.0, 24.4	24.4	14.9, 30.0	14.9	-4.2, 27.0	-0.5	-14.6, 12.2
Min (°C)	7.7	-7.5, 19.1	21.3	12.3, 26.4	11.2	-7.2, 23.3	-3.9	-17.7, 9.8
Max (°C)	16.1	-1.6, 31.1	28.0	16.4, 35.1	19.0	-1.1, 32.2	3.1	-11.2, 17.2
Daily range(°C)	8.5	0, 16.2	6.7	0, 13.9	7.9	1.6, 14.9	7.0	1.5, 14.3
<b>Humidity</b>								
Relative (%)	56.1	19.4, 94.5	71.2	24.0, 93.8	61.7	25.7, 93.0	55.1	27.0, 96.3
<b>Precipitation</b>								
Mean depth (mm)	2.6	0, 69.0	11.3	0, 301.5	3.2	0, 259.5	0.7	0, 34.5
No precipitation (day,%)	317	68.9	224	48.7	333	73.2	355	78.5
< Median (day,%)	69	15	89	19.3	62	13.6	74	16.4
≥ Median (day,%)	74	16.1	147	32.0	60	13.2	23	5.1
<b>Snow</b>								
Mean depth (cm)	0.04	0, 8.65	-	-	0.004	0, 0.61	1.07	0, 23.16
No snow (day,%)	446	97.0	-	-	450	98.9	328	72.6
< Median (day,%)	12	2.6	-	-	5	1.1	56	12.4
≥ Median (day,%)	2	0.4	-	-	0	0	68	15.0
<b>Pressure</b>								
Barometric (hPa)	1005	984, 1020	998	987, 1009	1008	994, 1021	1013	988, 1027
<b>Phenomenon</b>								
Fog (day,%)	39	8.5	55	12.0	21	4.6	19	4.2

n: number of days



## 2. 연구지역의 교통사고 발생규모

최근 5년(2007~2011) 동안 서울지역에서 집계된 교통사고 수는 약 93만 건이며, 교통사고로 인한 부상자 수는 약 133만 명에 해당하였다 (Table 2). 일평균 교통사고 부상자수는 가을 766명, 여름 729명, 봄 714명, 겨울 706명 순으로 나타났으며, 차지하는 비율은 가을 26.3%, 여름 25.0%, 봄 24.5%, 겨울 24.2%였다. 여성, 노인운전자의 과실로 발생한 교통사고 부상자는 일평균 120~140명, 10~20명이며, 다른 계절과 비교하여 겨울철의 감소가 두드러졌다.

교통사고 유형별로 탑승자, 보행자, 이륜차사고로 인한 부상자는 600~650명, 70~90명, 15~25명에 해당하였다. 계절별로 보행자 부상자와 이륜차 부상자는 겨울철에 감소가 크게 관찰된 반면, 탑승자 부상자의 경우 겨울에 감소가 뚜렷하지 않았다. 음주운전에 의한 교통사고 부상자는 약 19명이었으며, 계절에 따른 차이가 미미하였다.

Table 2. Daily frequencies of cases and injured patients of traffic accidents  
in Korea, 2007–2011

	N	Spring(n=460)		Summer(n=460)		Fall(n=455)		Winter(n=451)	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
All traffic accidents									
Incident cases	934,702	506	90	512	87	537	103	491	114
Injured	1,331,150	714	119	729	109	766	136	706	155
Moderate and severe accidents									
Incident cases	125,902	77	34	66	12	69	14	64	19
Injured	143,476	87	35	75	14	79	16	73	21
Deaths	2,299	1.2	1.1	1.3	1.1	1.3	1.2	1.2	1.2
Car occupants									
Incident cases	736,764	396	75	403	72	421	83	394	96
Injured	1,121,099	597	109	613	98	643	123	602	142
Pedestrians									
Incident cases	147,357	84	18	80	18	85	21	73	21
Injured	152,965	88	19	83	19	88	22	76	22
Elder drivers									
Incident cases	30,945	16	5	17	6	19	6	15	5
Injured	42,269	22	7	23	8	26	9	21	8
Female drivers									
Incident cases	167,102	93	19	91	21	98	22	84	24
Injured	237,484	130	24	130	26	140	29	120	32
Drunken drivers									
Incident cases	19,162	11	4	10	5	11	5	10	4
Injured	34,621	19	9	18	9	19	9	19	9
Motorcycle drivers									
Incident cases	33,381	19	6	20	6	20	6	14	6
Injured	39,703	22	7	24	8	24	7	17	8

n: number of days, N: total number of cases or injured patients in traffic accidents

### 3. 연구지역의 기온 및 교통사고 추세

서울지역의 평균기온에 관한 추세를 그래프로 표시하였다 (Figure 1). 서울지역 일평균 기온은 여름에 최고와 겨울에 최저를 갖으며 대칭적인 모습을 보이고 있다. 그러나 2009~2011년에는 겨울에 폭한이 더 빈번하게 나타났다.

교통사고로 인한 전체 부상자의 경우에는 가을에 최고이며 겨울에 최저를 나타냈다 (Figure 2). 그러나 2007년에는 봄, 가을에 이봉분포를 보였으며, 2008년 겨울에는 최저점이 분명하지 않는 변동을 보였다.

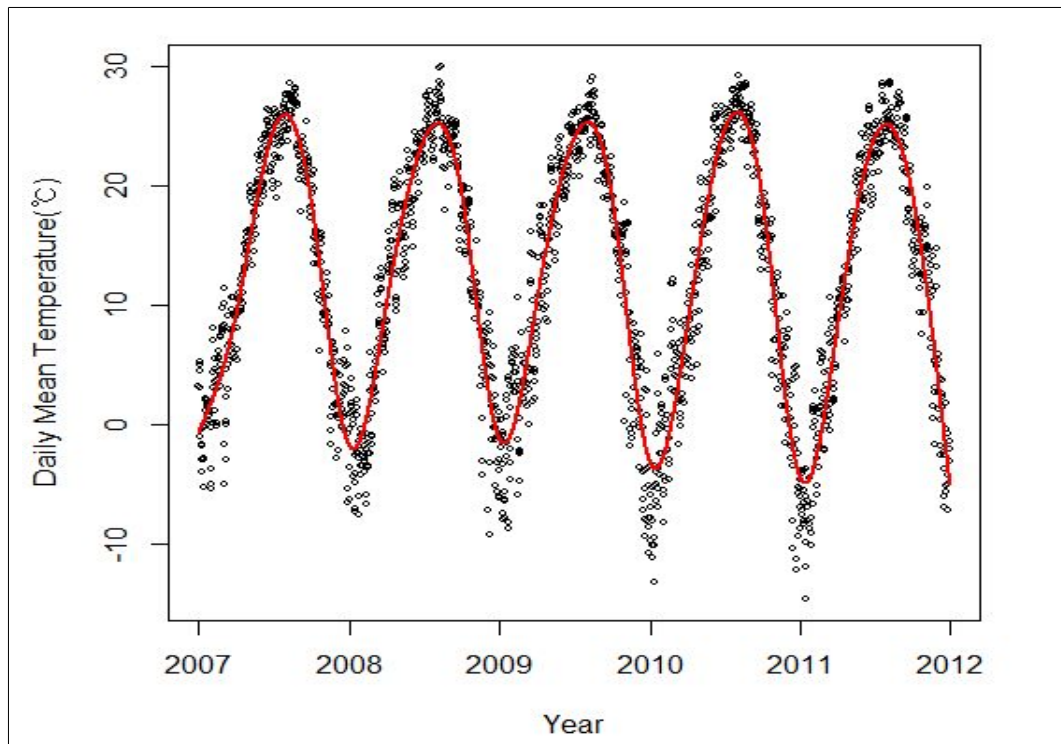


Figure 1. Trend of daily mean temperature in Seoul, 2007-2011

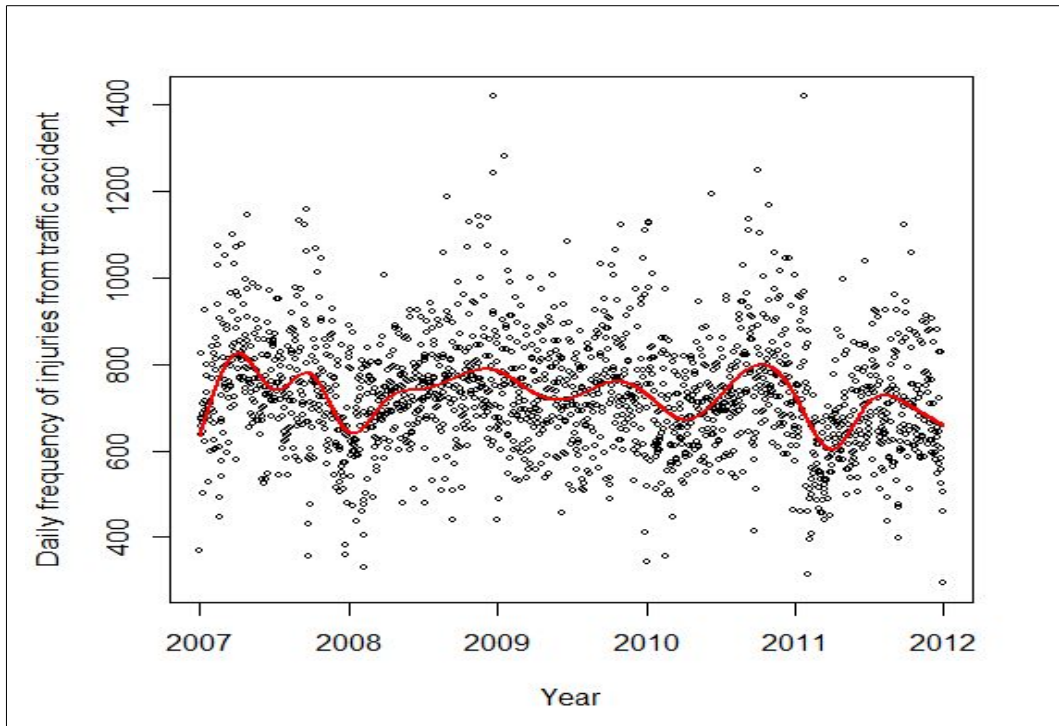


Figure 2. Trend of total injuries from traffic accidents in Seoul, 2007-2011

## B. 교통사고 손상과 기상의 연관성

### 1. 월별, 계절별 교통사고 손상 발생률

연도별 서울시 주민등록인구를 고려하여 인구 10만 명당 교통사고 부상자 발생률을 계산하여 월별 차이를 관찰하였다 (Figure 3). 매달 30일로 표준으로 하여 비교한 결과, 가장 교통사고 부상자 발생률이 높았던 달은 10월로 가장 낮은 2~3월과 비교하여 약 12%정도 더 많이 발생하였다. 가을에 해당하는 9~11월에 모두 부상자 발생률이 높았으며, 다음으로 여름에 해당하는 6~8월이 높았다. 겨울 중 1월이 약 214명/10만 명으로 가장 높았으며, 4~5월과 비슷하였다.

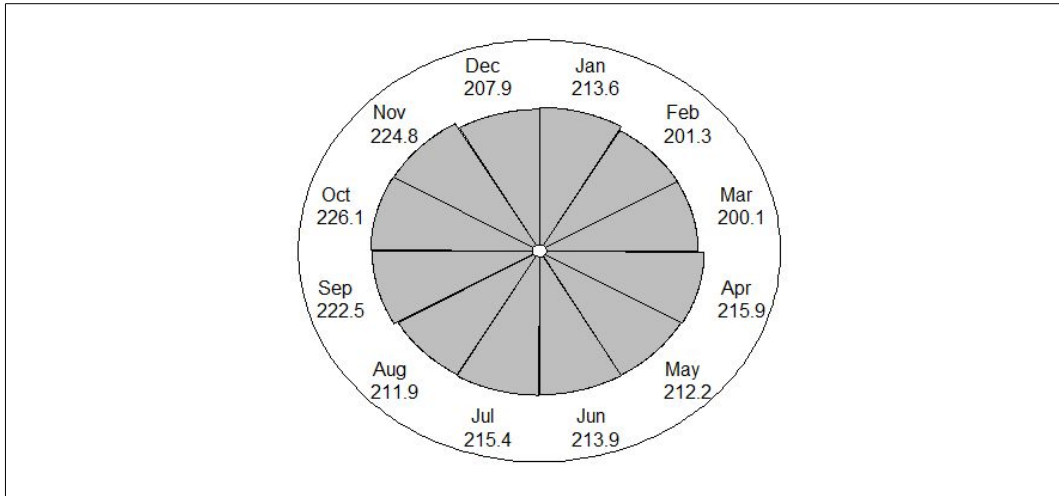


Figure 3. Monthly incidence§ of total injuries from traffic accidents in Seoul  
§(Injured persons/total population in Seoul)\*100,000

## 2. 기온의 영향

요일, 법정공휴일, 장기적인 추세를 포함하여 강수량, 적설량, 안개를 보정 후 일별 평균기온과 교통사고 부상자 수에 대한 전반적인 음의 연관성을 보였다 (Figure 4). 장기적 추세(계절)을 보정에서 제외한 그래프에서는 영상의 기온에서 0도 가까이 기온이 감소하면 교통사고 부상자 수가 감소하며, 반면 영하에서는 기온이 감소함에 따라 교통사고 부상자가 증가하는 경향을 보였다. 기온의 영향은 각 계절별로 다른 효과를 보였다. 봄에는 기온의 영향이 유의하지 않았으며, 여름에는 기온이 증가함에 따라 부상자 수의 약한 증가(0.46%)를 보였으며, 반대로 가을에는 약한 감소(-0.46%)를 보였다. 겨울에는 기온이 감소함에 따라 부상자는 전반적인 증가하는 경향을 보였으나, 특히 -5도 이하에서 기온의 감소함에 따라 교통사고 부상자 수가 급격하게 증가하였다.

조각별 선형회귀분석을 이용하여 최저 AIC를 갖는 겨울철 기온의 분계점 및 영향을 구하였다. 최적 적합을 보인 겨울철 기온이 분계점은 -5.8도이며, 그 이상에서는 1도 감소하면 교통사고 부상자가 약 0.50% 증가하였고 -5.8도 이하에서는 1도 감소하면 전체 교통사고로 발생한 부상자 수가 약 1.99%증가하였다 (Table 3).

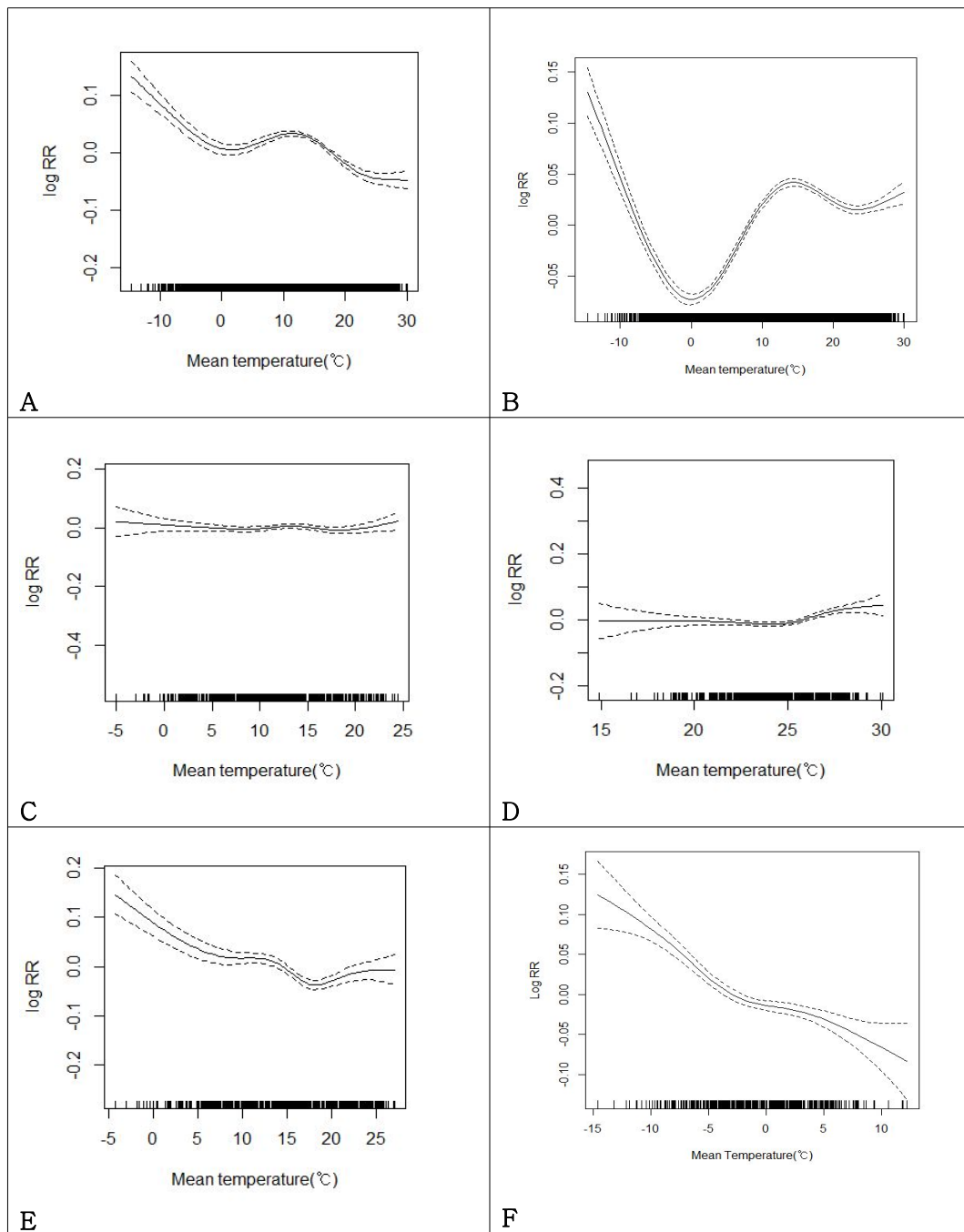


Figure 4. Relationship between frequency of all injuries from traffic accidents and temperature in Seoul, 2007–2011

A: All seasons B: Without seasons C: Spring D: Summer F: Fall E: Winter

Table 3. Percent Change of all injuries from traffic accidents associated with 1°C increase of mean temperature

All (n=1826)				Season-specific					
%change	95% CI§		season	N	Threshold	%change	95% CI§		<i>P-value</i>
Temperature									
-0.24	-0.30	-0.17	Spring	460		-0.02	-0.16	0.12	.795
			Summer	460		0.46	0.22	0.69	<.001
			Fall	455		-0.46	-0.62	-0.30	<.001
			Winter	451	<-5.8	-1.99	-2.37	-1.61	<.001
					≥-5.8	-0.50	-0.65	-0.36	<.001

§95% CI: 95% confidence interval

### 3. 비, 눈, 안개의 영향

#### 가. 비, 눈, 안개의 개별적 영향

요일, 법정공휴일, 장기적인 추세, 기온, 안개를 보정한 후, 비와 눈의 영향을 파악하였다 (Table 4). 강수량의 경우, 비가 관측되지 않은 날을 제외한 중위수(3.5mm)를 기준으로 3개의 범주(0, 3.5mm 미만, 3.5mm 이상)으로 나누어서 분석에 사용하였다. 적설량의 경우에도 눈이 관측되지 않은 날을 제외한 중위수(1.78cm)를 기준으로 3개의 범주로 나누었다.

비의 영향은 강수량과 계절에 따라 다르게 나타났다. 강수량이 3.5mm 미만인 경우, 맑은 날과 비교하여 봄과 여름에는 유의한 연관성을 보이지 않거나 미미하게 감소하였다. 가을과 겨울에는 약 4.5% 정도 교통사고 부상자 수가 증가하였다. 그러나 비의 양이 3.5mm 이상인 경우 약 10% 교통사고 부상자 수가 증가하였으며, 그 영향은 가을과 겨울에 두드러져 약 17~18% 정도 많이 발생하였다.

적설량의 경우, 적설량이 관측된 날이 적은 여름과 가을을 제외하고 봄과 겨울만 이용하여 분석하였다. 적설량에 따른 영향의 크기는 계절(봄, 겨울)에 따라 다르게 나타나지만 전반적으로 적설량이 0인 날과 비교하여, 적설량이 1.78cm 미만

과 이상에서 교통사고 부상자 수가 각각 9.9%, 8.3% 증가하였다.

안개의 경우, 맑은 날을 기준으로 하루 중 안개가 관측된 날의 영향을 파악하였다. 요일, 법정공휴일, 장기적인 추세, 기온, 강수량을 보정한 결과, 안개가 관측된 날에 교통사고 부상자수가 2.5% 증가한 것을 제외하고는 안개의 영향은 유의하지 않거나 약간(-1.8%) 감소하였다.

Table 4. Effect of precipitation, snow, and fog on all injuries from traffic accidents

All (n=1826)				Season	Season-specific				
%change	95% CI <sup>§</sup>				N	%change	95% CI <sup>§</sup>		
Precipitation†									
< 3.5mm	1.04	-0.41	0.62	Spring	460	-1.09	-2.21	0.05	
				Summer	460	-2.03	-2.01	-1.03	
				Fall	455	2.67	1.51	3.84	
				Winter	451	4.47	3.23	5.72	
≥ 3.5mm	10.37	9.76	10.97	Spring	460	9.11	7.80	10.44	
				Summer	460	7.22	6.12	8.34	
				Fall	455	17.54	16.11	18.99	
				Winter	451	16.54	14.33	18.80	
Snow‡									
< 1.78cm	9.92	8.83	11.03	Spring	460	6.68	3.84	9.59	
				Winter	451	10.69	3.23	12.17	
≥ 1.78cm	8.30	7.04	9.57	Spring	460	13.28	7.36	20.69	
				Winter	451	5.79	4.24	7.36	
Fog									
Foggy day	-1.41	-2.11	-0.71	Spring	460	-0.07	-1.49	1.37	
				Summer	460	-1.76	-2.88	-0.46	
				Fall	455	-0.32	-1.53	0.91	
				Winter	451	2.52	0.48	4.61	

§ 95% CI: 95% confidence interval

<sup>†</sup> Reference: no precipitation

<sup>‡</sup> Reference: no snow



### 나. 비, 눈의 상황별 영향

강수량과 최근 강수량이 측정된 마지막 날과의 간격을 고려하여 분석하였다 (Table 5). 강수량이 적은 경우(3.5mm 미만), 전날 비가 왔는지 여부에 상관없이 맑은 날과 비교하여 유의한 영향이 없었다. 그러나 강수량이 많은 경우(3.5mm 이상), 최근 비가 오지 않았을 때 더욱 교통사고 부상자의 수가 많이 증가하였다. 최근 3일이내의 비가 왔다면, 맑은 날과 비교하여 비가 오는 날에 교통사고 부상자의 수는 약 5~9% 증가하였다. 반면, 4일 이상 간격일 때는 교통사고 부상자의 증가가 약 15~20%로 크게 관찰되었다.

눈과 비가 동시에 관측된 날의 영향을 파악하였다. 많은 양의 비와 눈이 같이 온 날에는 교통사고 부상자 수가 12.8% 증가하였다. 이는 많은 양의 비와 눈이 교통사고 부상자 수에 미치는 영향이 각각 10% 9% 정도임을 고려하면, 음의 부가적 교호작용이 발생하였다.

겨울에 눈과 분계점 이하의 혹한의 영향을 파악하였다. -5.8도 이상의 맑은 날과 비교하여, 눈과 혹한의 영향은 각각 9.3%, 4.9%이며 눈과 혹한이 동시에 발생한 날은 교통사고 부상자 수가 약 16.8% 증가하였다. 때문에 눈과 혹한은 겨울철에 양의 부가적 교호작용(additive interaction)을 보였다.

Table 5. Combined effect of precipitation, spell, snow, and cold wave on all injuries from traffic accidents

	All (n=1826)		
	%change	95% CI <sup>§</sup>	
Spell <sup>†</sup>			
light precipitation			
Non-first	-0.40	-1.05	0.26
First	0.51	-0.20	1.21
heavy precipitation			
Continuous	9.10	8.36	9.85
1 day apart	4.97	3.70	6.27
2-3 days apart	8.77	7.47	10.09
4-6 days apart	20.16	18.71	21.63
≥ 7 days apart	14.81	13.23	16.41
Precipitation with/without snow <sup>‡</sup>			
Light precipitation	0.26	-0.28	0.81
Heavy precipitation	10.83	10.20	11.46
Snow only	11.19	9.97	12.43
Snow with light precipitation	9.21	7.91	10.51
Snow with heavy precipitation	15.83	13.87	17.83
Snow with cold wave in winter <sup>¶</sup>			
Snow without cold wave	9.31	8.00	10.64
Cold wave only	4.85	3.24	6.48
Snow with cold wave	16.8	14.9	18.8

§ 95% CI: 95% confidence interval

† Reference: no precipitation

‡ Reference: dry day

¶ Reference: dry day without cold wave

## C. 교통사고 유형별 연관성

### 1. 남성운전자 대 여성운전자 교통사고

#### 가. 월별, 계절별 교통사고 손상 발생률

연도별 서울시 주민등록인구를 고려하여 인구 10만 명당 성별에 따른 교통사고 부상자 발생률을 계산하여 월별 차이를 관찰하였다 (Figure 5). 남성운전자에 의한 교통사고 부상자 발생률이 가장 높았던 달은 10월로 가장 낮은 2~3월과 비교하여 약 13%정도 더 많이 발생하였다. 가을에 해당하는 세 달(9~11월) 모두 부상자 발생률이 높았다. 그러나 여성운전자에서 더욱 계절에 의한 차이를 좀 더 뚜렷하게 보였다. 여성운전자의 경우, 교통사고 부상자 발생률이 가을에 40~42명/10만 명으로 가장 높았으며, 겨울에는 34~36명으로 가장 낮았다.

2009~2011년 교통사고로 인한 부상자의 경우에는 가을에 최고이며 겨울에 최저를 나타내며, 전체적으로 연구 기간 내에 뚜렷한 증가나 감소를 보이지는 않았다 (Figure 6). 그러나 전체 부상자 발생 경향과 유사하게 2007, 2008년에는 이봉분포 및 겨울 최저점이 분명하지 않는 변동을 보였다.

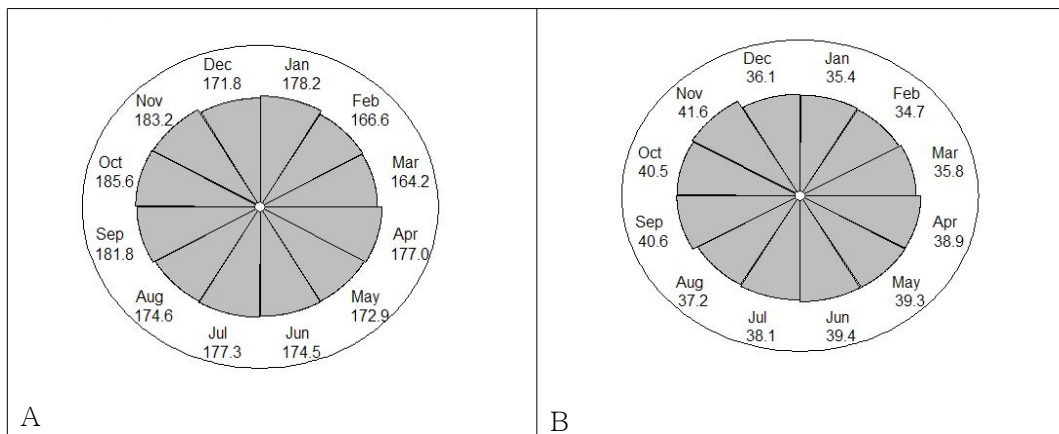


Figure 5. Monthly incidence§ of injuries from male and female drivers

A: Male driver B: Female driver

§(Injured persons/total population in Seoul)\*100,000

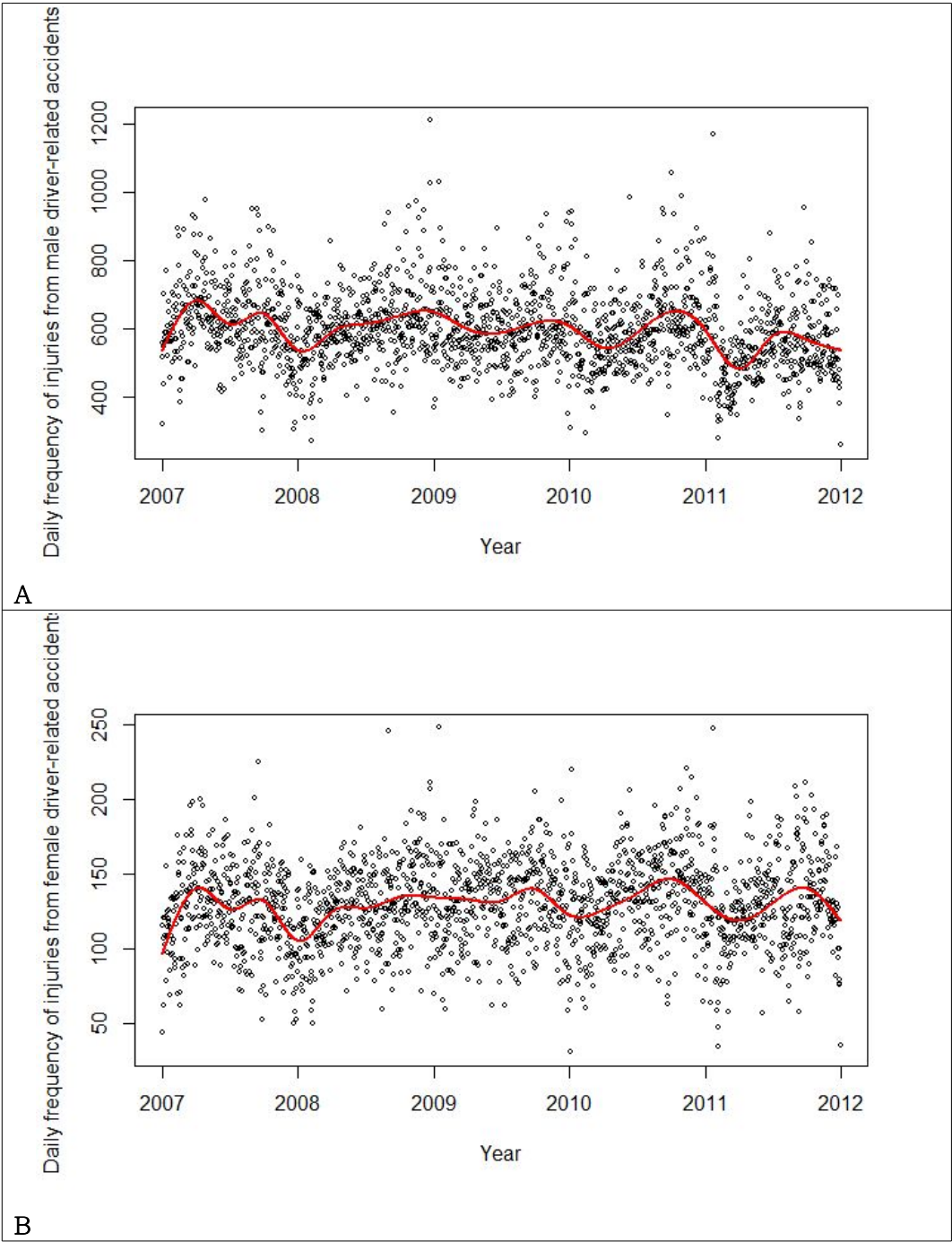


Figure 6. Trend of injuries from male and female drivers in Seoul, 2007–2011  
A: Male drivers B: Female drivers

## 나. 기온의 영향

남성, 여성운전자에 의한 교통사고 부상자 발생과 기온과의 관계를 살펴보았다 (Figure 7). 봄이나 여름에는 일별 평균기온과의 뚜렷한 관계를 보기 어려우나, 가을이나 겨울의 경우 기온이 감소함에 따라 부상자 수가 증가하며, 특히 기온이 매우 낮을 때 남성운전자에 의한 손상발생이 영향을 많이 받았다.

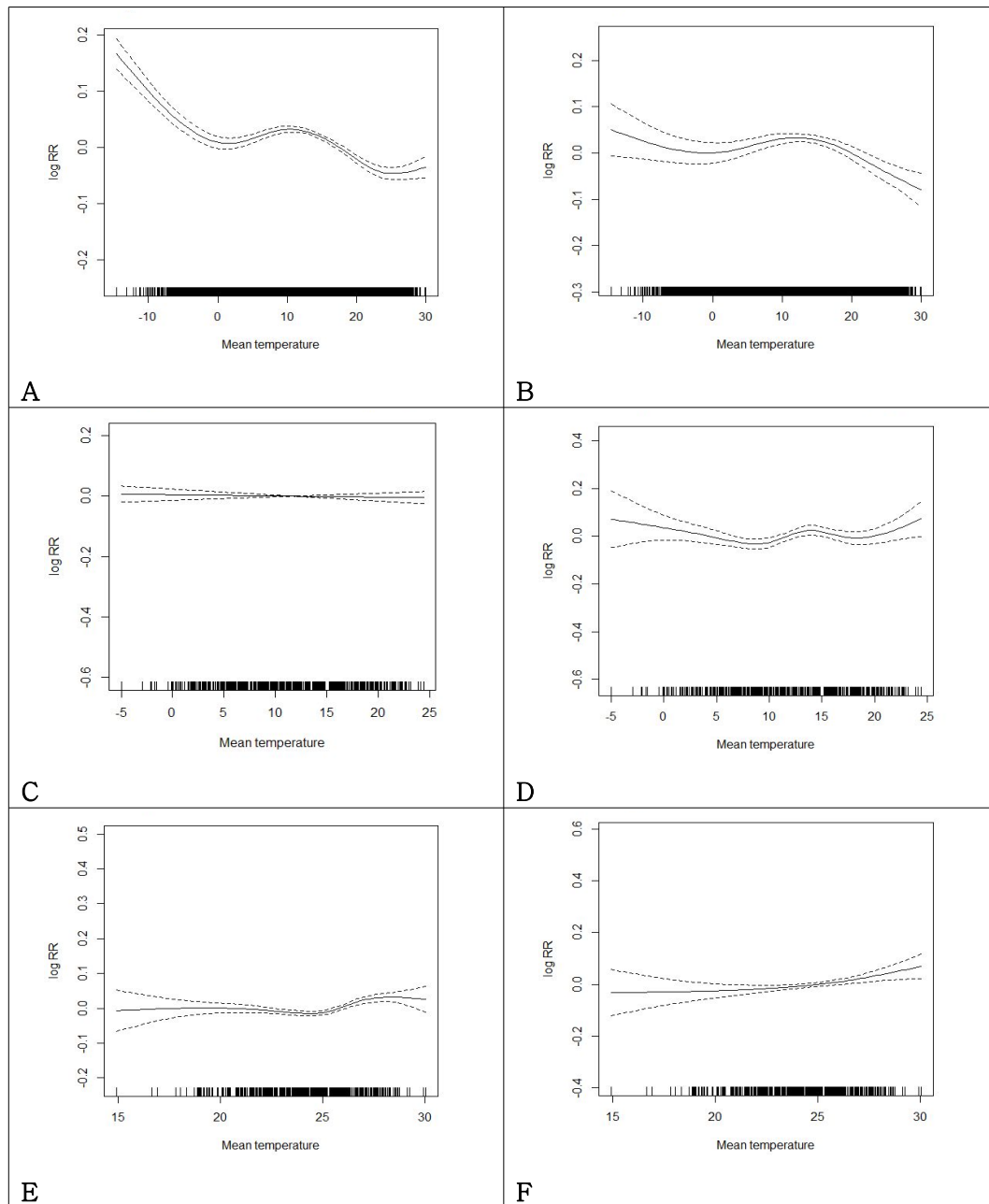


Figure 7(Cont.). Relationship between frequency of injuries from male and female drivers and temperature(°C)

A: Male driver in all seasons    B: Female driver in all seasons  
 C: Male driver in spring        D: Female driver in spring  
 E: Male driver in summer       F: Female driver in summer

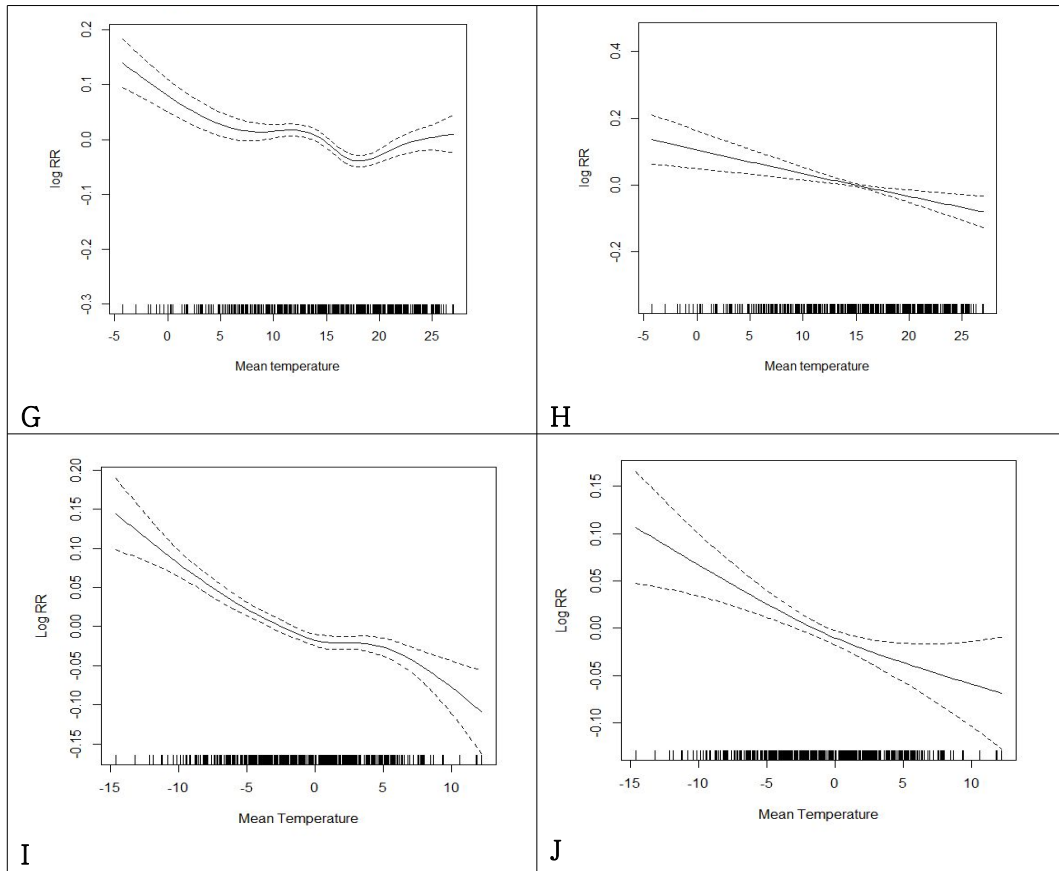


Figure 7. Relationship between frequency of injuries from male and female drivers and temperature(°C)

G: Male driver in fall      H: Female driver in fall  
I: Male driver in winter      J: Female driver in winter

각각 계절별로 선형관계를 가정하고 기온의 효과를 구하여 본 결과, 봄은 남성 및 여성 운전자 모두 온도에 의한 교통사고 부상자와의 유의한 관계를 보이지 않았다 (Table 6). 여름에는 두 군에서 모두 약한 양의 관계를 보인 반면, 가을과 겨울에는 음의 관계를 보였다. 특히 겨울의 경우 여성운전자, 남성운전자 모두 -5.8도를 임계값으로 갖으며 임계온도 이하에서 기온 하강에 따라 교통사고 부상자가 많이 발생하였다. 여성운전자는 -5.8도 이하에서 1도 하강시 1.61% 교통사고 부상

자 수가 증가하였으며, 남성운전자에 의하여 2.06% 증가하였다.

Table 6. Percent Change of injuries from male and female drivers associated with 1°C increase of mean temperature

All (n=1826)					Season	Season-specific					
%change	95% CI <sup>§</sup>		<i>P</i> value	n		Threshold	%change	95% CI <sup>§</sup>		<i>P</i> value	
Temperature											
Male	-0.50	-0.57	-0.43	<.001	Spring	460		-0.02	-0.18	0.13	.759
					Summer	460		0.39	0.13	0.66	.003
					Fall	455		-0.41	-0.58	-0.23	<.001
					Winter	451	<-5.8	-2.06	-2.47	-1.64	<.001
						≥-5.8	-0.47	-0.63	-0.32	<.001	
Female	-0.13	-0.27	0.02	0.093	Spring	460		0.07	-0.27	0.40	.702
					Summer	460		0.76	0.51	1.32	.007
					Fall	455		-0.69	-1.05	-0.32	<.001
					Winter	451	<-5.8	-1.61	-2.55	-0.67	<.001
						≥-5.8	-0.65	-1.00	-0.30	<.001	

§95% CI: 95% confidence interval

#### 다. 비, 눈, 안개의 개별적 영향

기온, 기압, 요일, 법정공휴일, 장기추세를 보정한 후, 강수량, 적설량, 안개에 대해 교통사고 부상자의 수가 영향을 받는지 확인하였다 (Table 7). 강수량이 중위수(3.5mm)미만일 때 그 영향은 남녀 모두에서 의미있는 변화를 보이지 않았다. 그러나 중위수 이상 비가 내릴 때 여성운전자는 약 5% 교통사고 부상자를 유발한 반면, 남성운전자는 약 12%에 해당하였다. 눈에 관하여 여성운전자는 중위수(1.78cm)이상의 적설량인 경우 부상자 의미있는 증가를 보이지 않아 남성운전자(10%)와 대조적인 모습을 보였다. 남녀 모두에서 안개와 교통사고 부상자 유발은



음의 관계를 보였으나, 여성운전자에서는 유의성을 확보하지 못하였다.

Table 7. Effect of precipitation, snow, and fog on all injuries from male and female drivers

	Female			Male		
	%change	95% CI <sup>§</sup>		%change	95% CI <sup>§</sup>	
Precipitation <sup>†</sup>						
< median(3.5mm)	0.15	-1.08	1.38	0.24	-0.33	0.82
≥ median(3.5mm)	5.25	3.89	6.64	11.56	10.88	12.24
Snow <sup>‡</sup>						
< median(1.78cm)	4.17	1.67	6.73	11.06	9.84	12.28
≥ median(1.78cm)	0.04	-2.77	2.92	10.06	8.61	11.42
Fog						
foggy day	-1.23	-2.87	0.45	-1.47	-2.24	-0.69

§ 95% CI: 95% confidence interval

† Reference: no precipitation

‡ Reference: no snow

강수량, 적설량, 안개의 영향을 계절별로 비교한 결과, 비의 영향은 가을 또는 겨울에 크게 나타났다 (Table 8). 중위수 이하에서는 남녀 운전자 모두 겨울에서는 약 7% 교통사고 손상을 유발하였으며, 중위수 이상의 강수량에서는 봄~가을 동안 남성이 비에 의한 교통사고 연관성이 크게 나타났다. 그러나 겨울에는 비에 의한 영향이 여성운전자와 남성운전자에서 비슷하거나 여성운전자에게 높게 나타났다. 눈의 경우 적설량과 관계없이 남성운전자에서 교통사고 부상자의 높은 증가가 관찰되었다.

Table 8. Season-specific effect of precipitation, snow, and fog on all injuries from male and female drivers

		Season	Female			Male	
			%change	95% CI <sup>§</sup>		%change	95% CI <sup>§</sup>
Precipitation†							
< median (3.5mm)	Spring	-0.20	-0.28	2.51	-1.32	-2.54	-0.08
	Summer	-0.84	-3.14	1.51	-2.36	-3.43	-1.26
	Fall	-1.16	-3.76	1.51	3.53	2.24	4.84
	Winter	6.78	3.74	9.90	6.75	3.37	6.15
≥ median (3.5mm)	Spring	4.26	1.29	7.31	10.36	8.92	11.81
	Summer	4.52	2.01	7.09	7.77	6.54	9.01
	Fall	9.52	6.38	12.77	19.32	17.71	20.94
	Winter	19.41	14.09	24.99	16.41	13.98	18.85
Snow‡							
< median (1.78cm)	Spring	-0.04	-6.26	6.59	8.10	5.14	11.14
	Winter	3.05	-0.22	6.43	11.84	10.2	13.48
≥ median (1.78cm)	Spring	-13.2	-25.2	0.77	20.7	13.5	28.4
	Winter	-3.67	-7.01	-0.21	7.53	5.80	9.29
Fog							
Foggy day	Spring	2.94	-0.49	6.49	-0.92	-2.49	0.66
	Summer	-3.21	-5.99	-0.34	-1.32	-2.65	0.03
	Fall	-3.17	-7.21	1.05	0.26	-1.69	2.25
	Winter	5.33	0.49	10.39	1.89	-0.35	4.18

§ 95% CI: 95% confidence interval

† Reference: no precipitation

‡ Reference: no snow

## 라. 비, 눈의 상황별 영향

마지막 비온 날과의 간격을 고려하여 이 간격이 비의 효과에 영향을 미치는지 확인하였다 (Table 9). 강수량이 3.5mm미만인 경우, 첫 강수인지 아닌지에 영향을 받지 않았다. 그러나 4일 이상 맑은 날이 지속된 후 많은 비가 내린 경우, 비에 의

한 영향이 크게 나타났다. 남성운전자의 경우, 영하 5.8도 이하의 추운 날에 눈이 오면 약 19% 교통사고 손상유발이 증가하였으며, 폭한과 눈의 각각 영향의 합보다 크게 나타났다.

Table 9. Combined effect of precipitation, spell, snow, and cold wave on injuries from male and female drivers

	Male			Female		
	%change	95% CI§		%change	95% CI§	
Spell†						
Light precipitation						
Non-first	-0.26	-0.98	0.48	0.13	-1.52	1.80
First	0.64	-0.13	1.42	-0.04	-1.57	1.52
Heavy precipitation						
Continuous	10.52	9.70	11.35	3.07	1.40	4.76
1 day apart	5.99	4.57	7.42	0.41	-2.48	3.39
2-3 days apart	9.80	8.35	11.26	4.14	1.16	7.20
4-6 days apart	21.33	19.71	22.96	14.29	11.97	18.71
≥ 7 days apart	15.30	13.56	17.08	12.67	9.07	16.38
Precipitation with/without snow‡						
Light precipitation	0.42	-0.18	1.03	2.87	-0.99	1.58
Heavy precipitation	12.15	11.45	12.86	5.18	3.78	6.60
Snow only	13.04	11.68	14.42	2.53	-0.46	5.49
Snow with light precipitation	10.66	9.22	12.11	2.47	-0.46	5.49
Snow with heavy precipitation	17.43	15.25	19.66	8.43	4.05	12.99
Snow with cold wave in winter¶						
Snow without cold wave	10.54	9.09	12.01	2.93	-0.05	5.99
Cold wave only	4.02	2.26	5.81	8.42	4.52	12.45
Snow with cold wave	19.28	17.12	21.48	4.70	0.59	8.99

§ 95% CI: 95% confidence interval

† Reference: no precipitation

‡ Reference: dry day

¶ Reference: dry day without cold wave

## 2. 노인운전자 대 청장년운전자 교통사고

### 가. 월별, 계절별 교통사고 손상 발생률

65세를 기준으로 노인과 청장년운전자를 구분하여 연령에 따른 기상요소와 교통사고 손상과의 관계를 파악하였다. 두 군 모두에서 4~5월과 10~11월에서 가장 교통사고 손상유발이 많이 발생하였으며 겨울철에 가장 적게 나타났다 (Figure 8).

노인운전자에 의한 교통사고 부상자 발생은 전체 교통사고 부상자 발생의 약 3.2%에 해당하였다. 장기적인 추세를 비교한 결과 65세 노인운전자에 의한 부상자는 증가하고 있으며 청장년운전자의 경우 정체되어 있다가 2011년에 다소 감소하였다 (Figure 9).

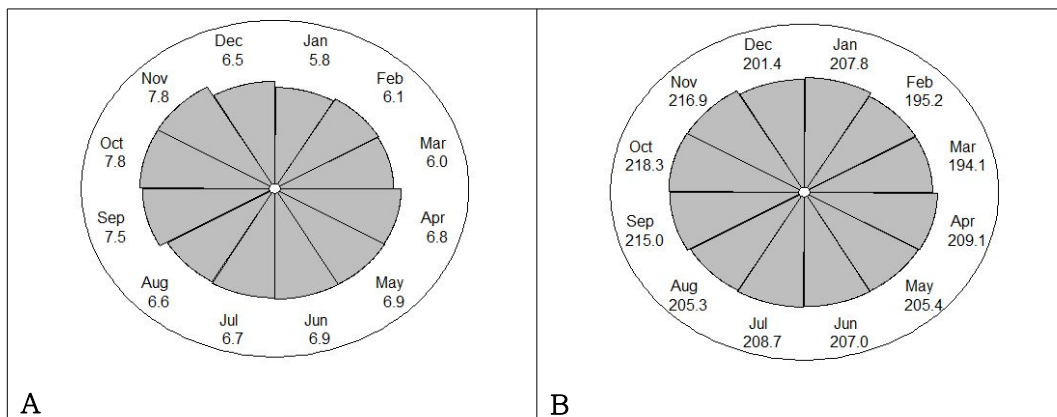


Figure 8. Monthly incidence§ of injuries from elder and young drivers

A: Elder drivers B: Young drivers

§(Injured persons/total population in Seoul)\*100,000

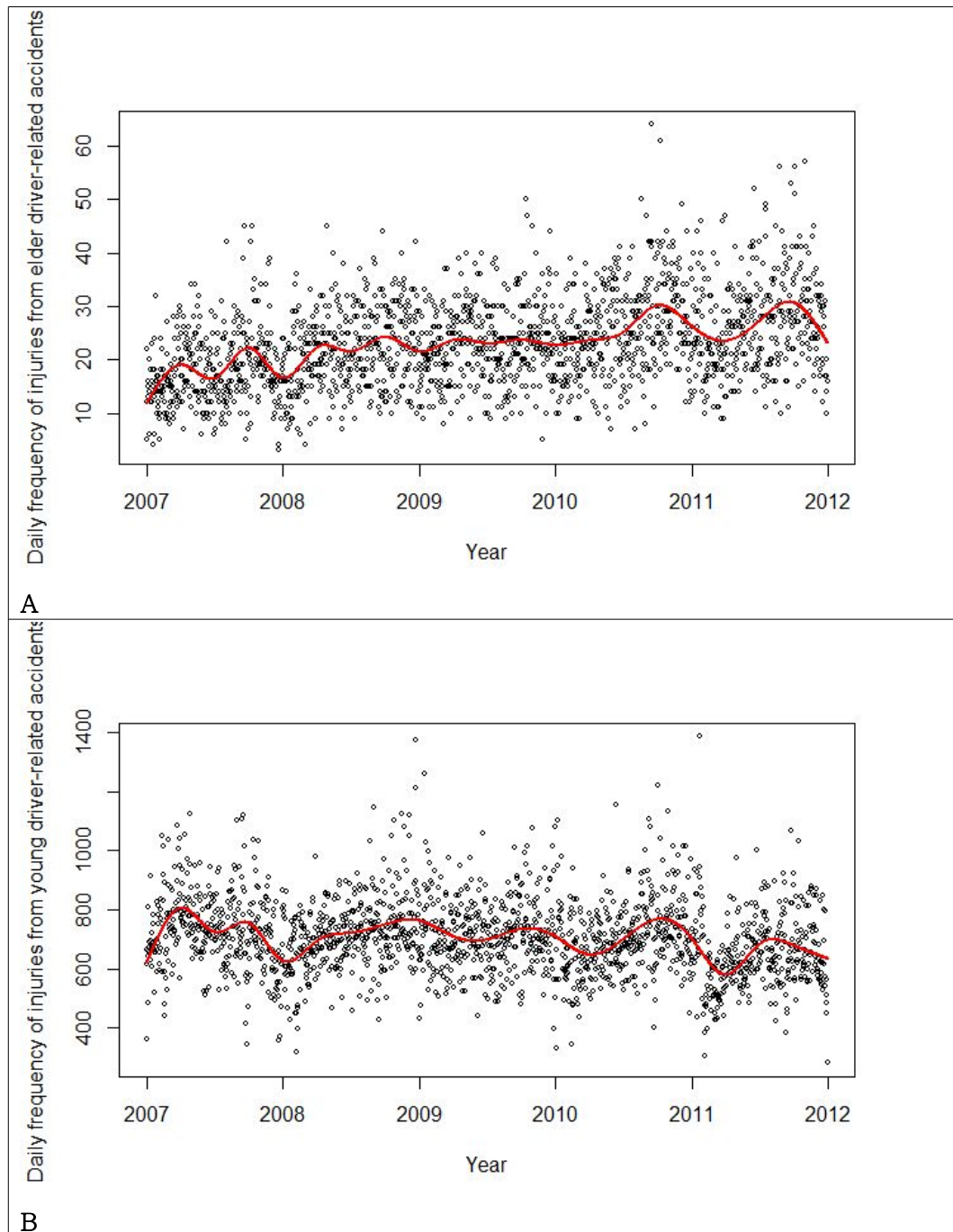


Figure 9. Trend of injuries from elder and young drivers in Seoul, 2007–2011

A: Elder drivers B: Young drivers

## 나. 기온의 영향

청장년층과 노인운전자를 구분하여 기온과 교통사고 손상유발과의 연관성을 파악하였다. 청장년층과 달리 노인운전자의 경우 가을과 겨울의 기온하강에 따른 교통사고 부상자 유발이 의미있는 증가를 보이지 않았다. 여름의 경우 노인 운전자군에서 기온상승과 동반하여 교통사고 손상이 증가하는 경향을 보였다.

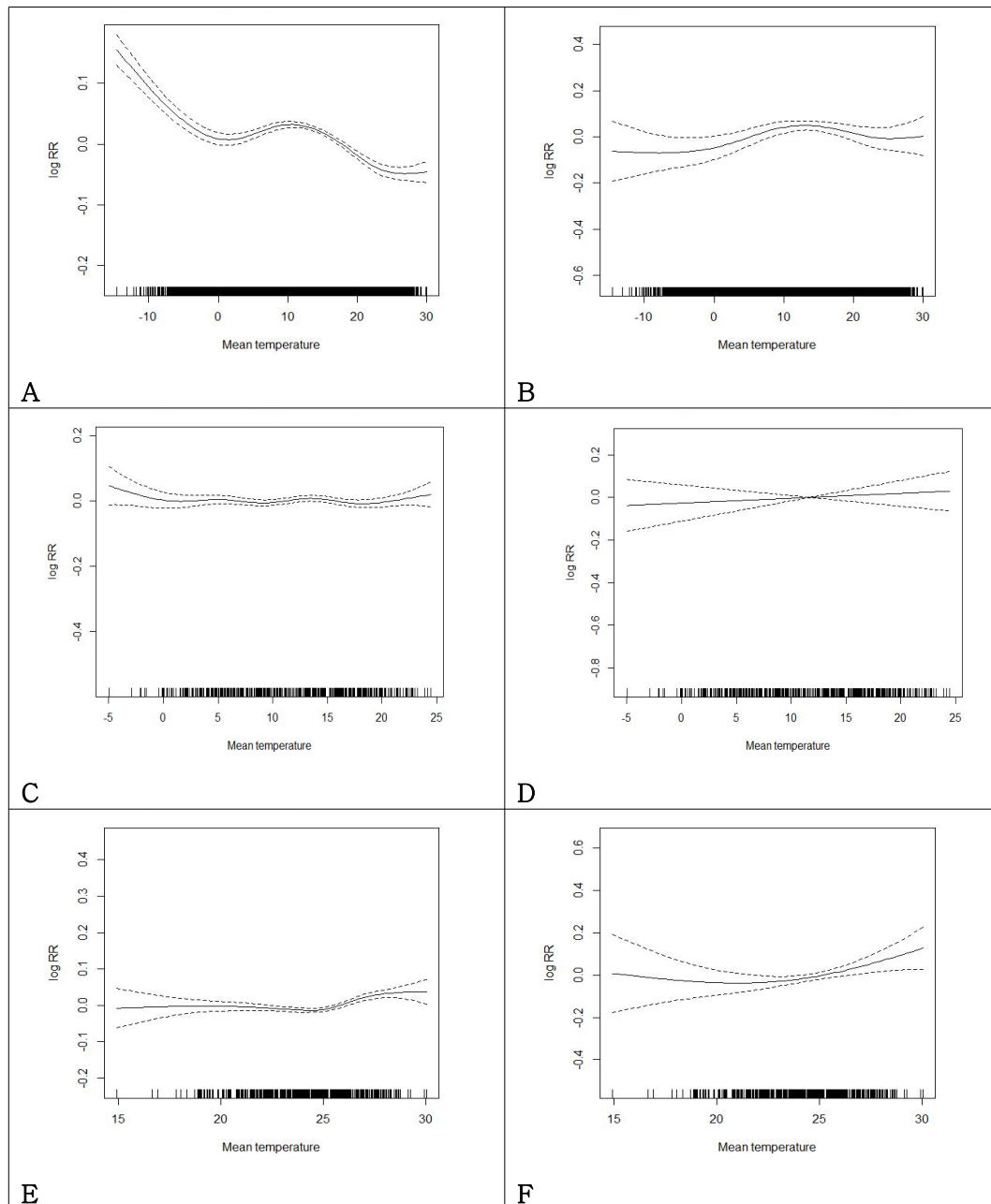


Figure 10(Cont.). Relationship between frequency of injuries from elder and young drivers and temperature(°C)

- A: Young driver in all seasons      B: Elder driver in all seasons  
 C: Young driver in spring          D: Elder driver in spring  
 E: Young driver in summer        F: Elder driver in summer

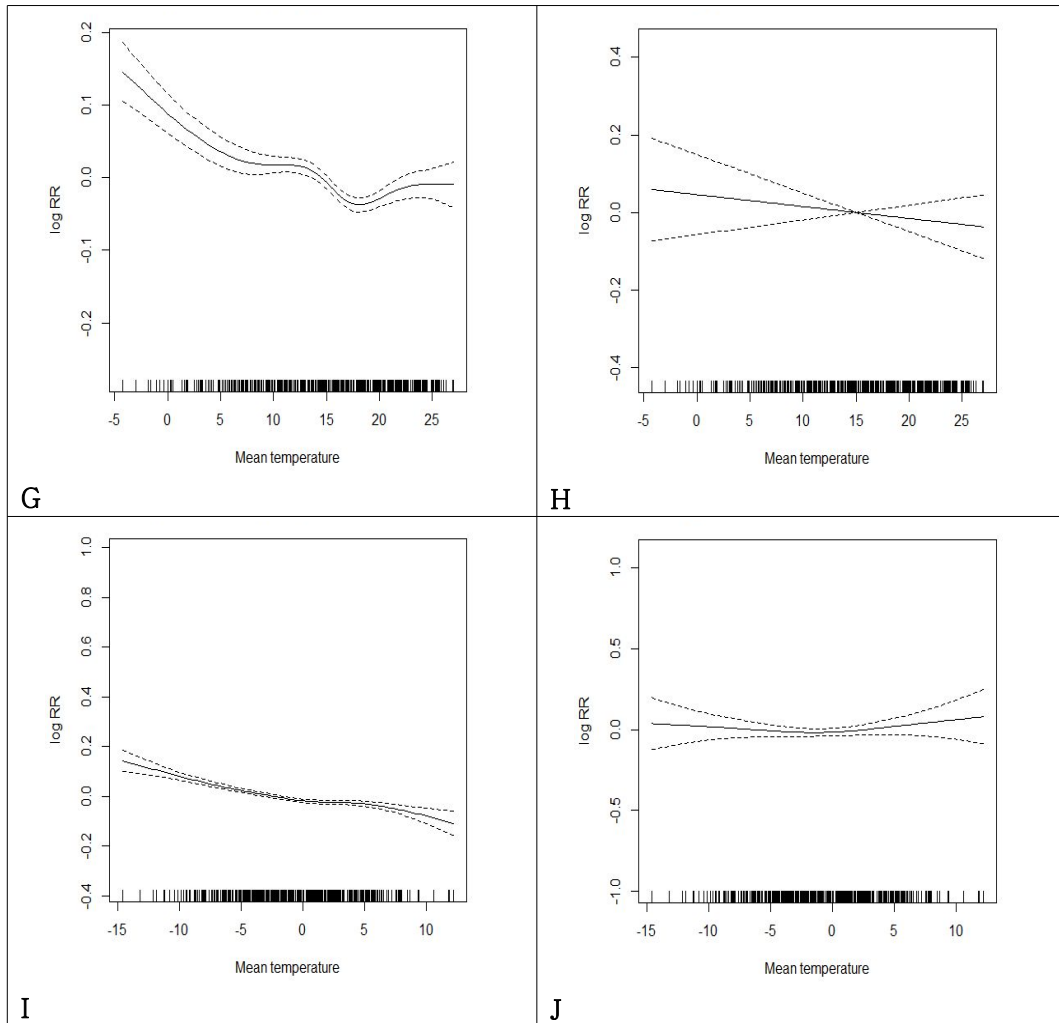


Figure 10. Relationship between frequency of injuries from elder and young drivers and temperature(°C)

G: Young driver in fall      H: Elder driver in fall  
I: Young driver in winter      J: Elder driver in winter

청장년층과 노인운전자를 구분하여 기온과 교통사고 손상유발과의 연관성을 파악하였다 (Table 10). 노인운전자는 여름에 기온의 1도 증가하면 약 1.41% 교통사고 손상 유발이 증가하였다. 그러나 나머지 계절에는 유의한 관계가 없었다. 반면,



청장년운전자의 경우 가을과 영하 5.8도 이상에서는 약한 음의 관계를 보였으며, 영하 5.8도에서는 1도 감소하면 2.02% 증가하였다.

Table 10. Percent Change of injuries from elder and young drivers associated with 1°C increase of mean temperature

All (n=1826)					Season	Season-specific				
%change	95%CI			<i>P value</i>		Threshold	%change	95% CI		<i>P value</i>
Temperature										
Young driver										
-0.25	-0.32	-0.19	<.001	Spring		-0.03	-0.17	0.11	.693	
				Summer		0.43	0.19	0.67	<.001	
				Fall		-0.23	-0.31	-0.16	<.001	
				Winter	<-5.8	-2.02	-2.40	-1.63	<.001	
					≥-5.8	-0.52	-0.53	-0.38	<.001	
Elder driver										
2.84	-0.07	0.64	.119	Spring		0.22	-0.49	0.94	.533	
				Summer		1.41	0.13	2.69	.030	
				Fall		0.18	-0.19	0.56	.345	
				Winter		-0.04	-0.75	0.67	.963	

§95% CI: 95% confidence interval

#### 다. 비, 눈, 안개의 개별적 영향

노인운전자에서 비, 눈, 안개의 영향을 청장년 운전자와 비교하였다 (Table 11). 노인운전자는 청장년운전자(10.2%)와 달리 비가 많이 오는 날에도 교통사고 부상자를 오히려 적게(-3.25%) 유발하였다. 눈의 영향은 노인운전자에서 유의한 연관성을 얻을 수 없었으며, 안개가 낀 날도 청장년 운전자와 비교하게 크게 감소함을 확인할 수 있었다.

Table 11. Effect of precipitation, snow, and fog on injuries from elder and young drivers

	Elder drivers			Young drivers		
	%change	95% CI§		%change	95% CI§	
Precipitation †						
< median	-3.00	-5.78	-0.14	0.28	-0.25	0.81
≥ median	-3.25	-6.21	-0.20	10.9	10.2	11.5
Snow‡						
< median	4.93	-0.97	11.2	10.3	9.14	11.4
≥ median	-0.71	-7.09	6.12	8.54	7.27	9.83
Fog						
Foggy day	-6.88	-10.54	-3.06	-1.19	-1.90	-0.48

§ 95% CI: 95% confidence interval

† Reference: no precipitation

‡ Reference: no snow

그러나 노인운전자에 의한 교통사고 부상자 발생수가 적어서 계절별로 비, 눈, 안개의 영향은 유의성을 확인하기 어려웠다 (Table 12).

Table 12. Season-specific effect of precipitation, snow, and fog on injuries from elder and young drivers

Season		Elder drivers			Young drivers		
		N	%change	95% CI§	%change	95% CI§	
<b>Precipitation †</b>							
< median	Spring	460	-5.76	-12.1	0.10	-1.99	-3.27
	Summer	460	8.15	2.55	14.1	-2.40	-3.40
	Fall	455	-5.87	-11.5	0.07	2.90	1.72
	Winter	451	-9.55	-15.9	-2.69	3.18	1.84
≥ median	Spring	460	-3.00	-9.54	4.00	9.45	8.01
	Summer	460	-1.57	-6.95	4.13	7.44	6.32
	Fall	455	7.34	0.74	14.4	17.9	16.5
	Winter	451	-9.64	-19.8	1.75	15.3	13.0
<b>Snow‡</b>							
< median	Spring	460	15.7	0.35	33.4	5.81	2.81
	Winter	451	6.89	-1.57	16.1	11.6	10.0
≥ median	Spring	460	-8.59	-34.1	26.8	16.5	9.89
	Winter	451	7.40	-1.97	17.7	5.70	3.93
<b>Fog</b>							
Foggy day	Spring	460	1.51	-6.73	10.5	-1.79	-3.38
	Summer	460	-14.1	-19.7	-8.05	-1.08	-2.30
	Fall	455	-6.48	-15.1	2.96	-0.62	-2.40
	Winter	451	8.48	-3.22	21.6	0.41	-1.78

§ 95% CI: 95% confidence interval

† Reference: no precipitation

‡ Reference: no snow

#### 라. 비. 눈의 상황별 영향

비와 눈과 관련된 상황별 영향을 살펴보았다 (Table 13). 65세 미만 운전자의 경우, 마지막 비가 내린 후 4일 이상 간격이 있고 비가 새롭게 내리는 경우 손상 위험이 높았다. 그러나 65세 이상 노인 운전자의 경우 이러한 경향을 볼 수 없었으며, 비와 눈이 같이 온 경우 교통사고 손상유발이 오히려 감소하였다.

노인 운전자의 경우, 청장년 운전자와 다르게 폭han과 적설에 관하여 각각의 유의한 관계는 없었지만 두 요소가 같이 작용할 때는 교통사고로 인한 부상자 발생이 10% 증가하였다.

Table 13. Combined effect of precipitation, spell, snow, and cold wave on injuries from elder and young drivers

	Elder drivers			Young drivers		
	%change	95% CI§		%change	95% CI§	
<b>Spell†</b>						
Light precipitation						
Non-first	-4.85	-8.30	-1.27	-0.05	-0.72	0.63
First	0.90	-3.01	4.96	0.58	-0.12	1.30
Heavy precipitation						
Continuous	-5.25	-8.86	-1.95	9.65	8.90	10.4
1 day apart	-4.71	-11.1	2.16	8.35	4.05	6.67
2-3 days apart	0.24	-6.48	7.45	9.09	7.76	10.4
4-6 days apart	-4.54	-11.5	2.94	21.1	19.6	22.6
≥ 7 days apart	6.73	-1.15	15.4	15.1	13.5	16.8
<b>Precipitation with/without snow‡</b>						
Light precipitation	-0.91	-3.87	2.15	0.44	-0.11	1.01
Heavy precipitation	-2.06	-5.12	1.10	11.3	10.7	12.4
Snow only	12.7	6.09	19.8	11.4	9.90	12.4
Snow with light precipitation	-8.63	-14.8	-1.97	9.80	8.48	11.1
Snow with heavy precipitation	-10.3	-19.4	-0.32	16.7	14.7	18.8
<b>Snow with cold wave in winter¶</b>						
Snow without cold wave	-0.30	-7.13	7.02	9.54	8.21	10.9
Cold wave only	-2.58	-10.8	6.38	5.07	3.43	6.74
Snow with cold wave	10.9	1.32	21.3	17.0	15.0	19.0

§ 95% CI: 95% confidence interval

† Reference: no precipitation

‡ Reference: dry day

¶ Reference: dry day without cold wave

### 3. 경증 대 중증 교통사고

#### 가. 월별, 계절별 교통사고 손상 발생률

중증 부상자는 전체 교통사고 부상자의 약 10%에 해당하였다. 경증 부상자와 중증 부상자의 월별 발생률을 비교한 결과, 경증과 중증 부상자 모두에서 9~11월이 가장 높았으며 그 다음으로 여름, 봄, 겨울 순이었다 (Figure 11).

지난 5년간 경증 및 중증 교통사고 부상자의 발생은 큰 변화는 없었다. 추세곡선을 살펴보면, 경증과 중증 모두 봄, 가을에 해당하는 달에 호발하였으나, 경증 손상의 경우 가을철의 높은 발생이 두드러졌다 (Figure 12).

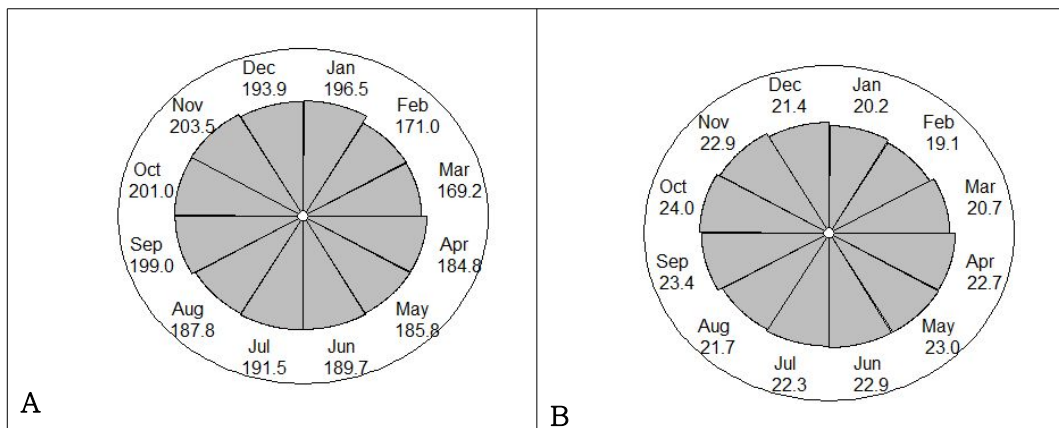


Figure 11. Monthly incidence§ of mild and severe injuries from traffic accidents

A: Mild injuries B: Severe injuries

§(Injured persons/total population in Seoul)\*100,000

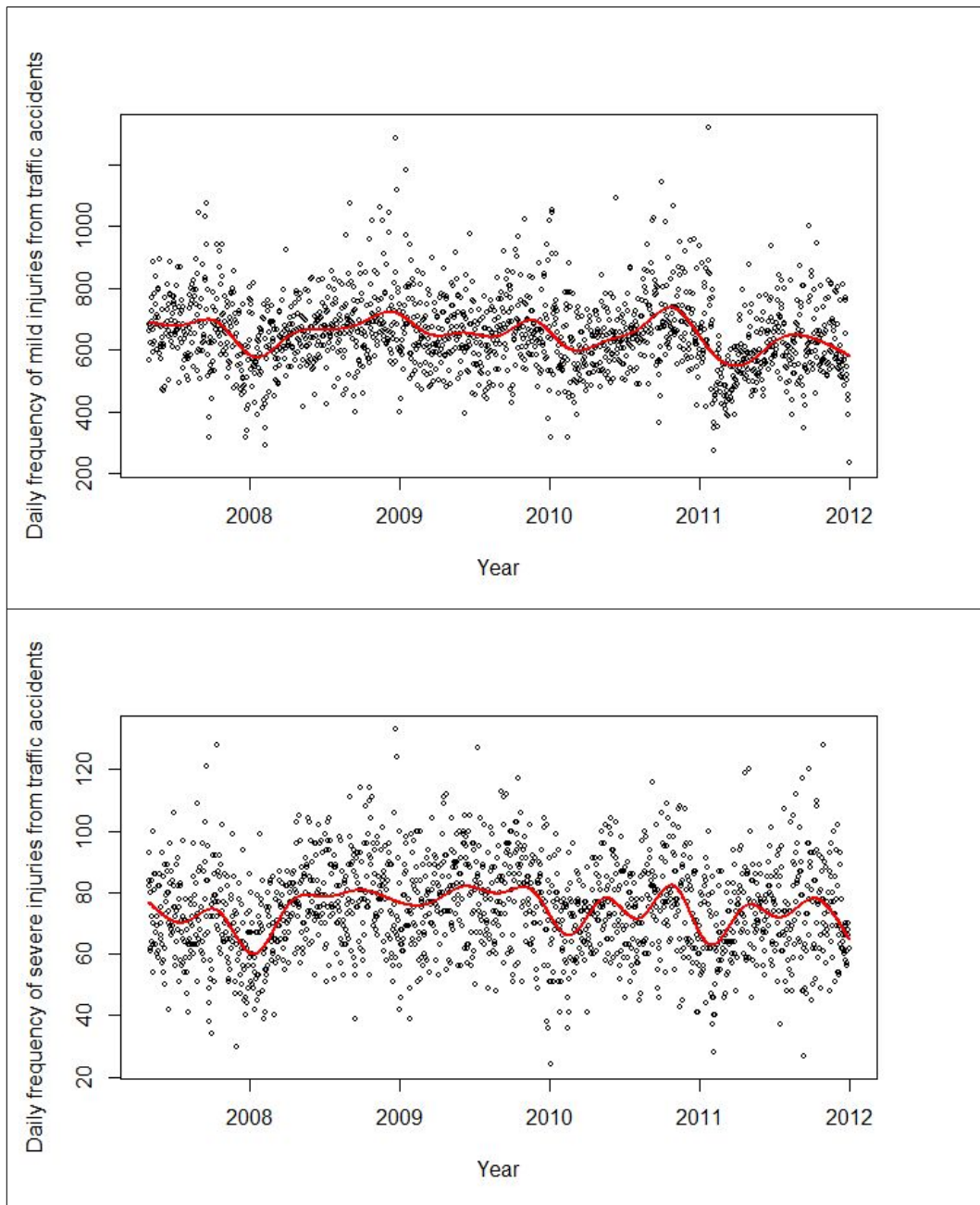


Figure 12. Trend of mild and severe injuries from traffic accidents in Seoul, 2007-2011

A: Mild injuries B: Severe injuries

#### 나. 기온의 영향

경증 손상과 중증 손상의 발생과 온도와의 관계를 살펴보았다 (Figure 13). 4계절 그래프 중 봄의 평균 기온 11.7도, 가을의 평균 기온 12.7도에 부근으로 증가를 보였다. 경증 부상자의 경우, 가을과 겨울에 기온이 하강함에 따라 교통사고가 증가하였다. 반면, 중증 부상자는 겨울에 기온과 관련된 뚜렷한 경향을 보이지 않았다.



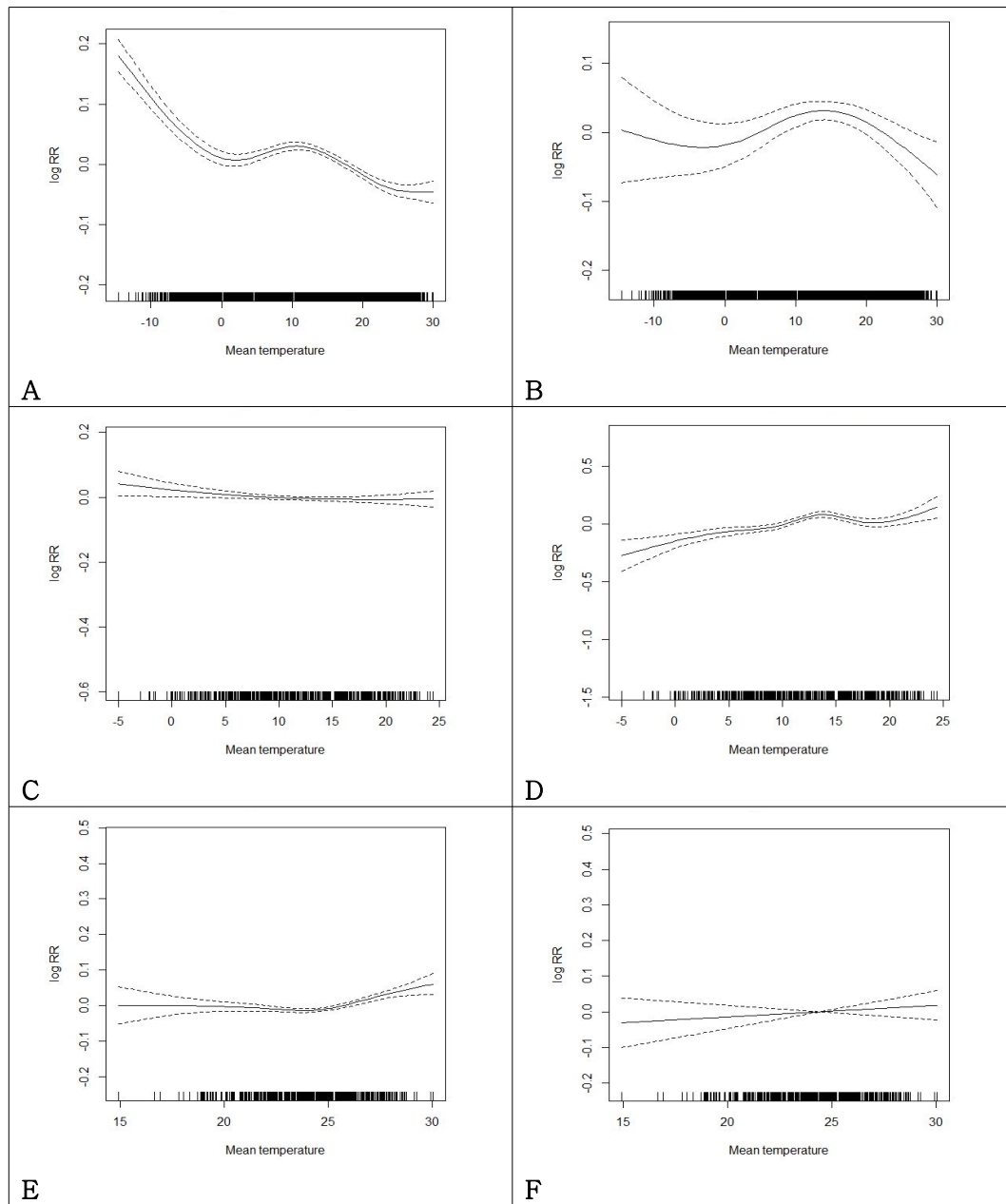


Figure 13(Cont.). Relationship between frequency of mild and severe injuries from traffic accidents and temperature(°C)

- |                                 |                                   |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| A: Mild injuries in all seasons | B: Severe injuries in all seasons |
| C: Mild injuries in spring      | D: Severe injuries in spring      |
| E: Mild injuries in summer      | F: Severe injuries in summer      |

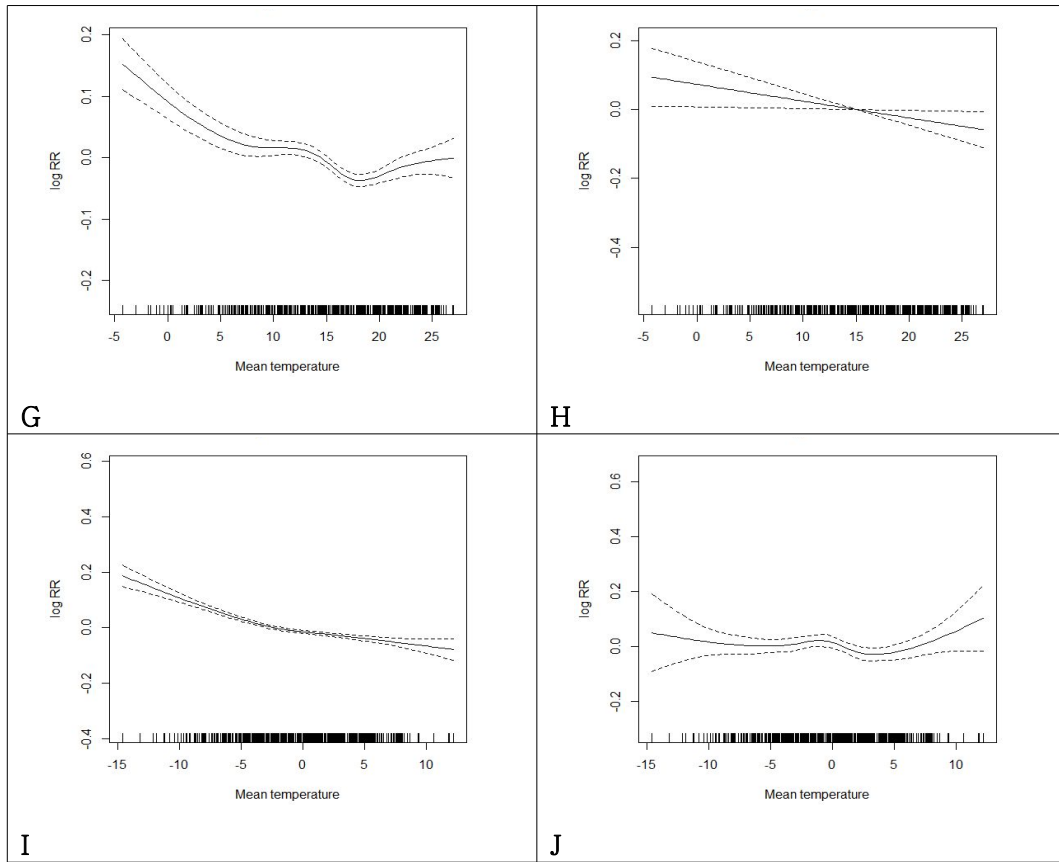


Figure 13. Relationship between frequency of mild and severe injuries from traffic accidents and temperature(°C)

G: Mild injuries in fall

H: Severe injuries in fall

I: Mild injuries in winter

J: Severe injuries in winter

계절별로 기온의 영향을 파악한 결과, 중증 손상의 경우 가을에 1도 하강시 0.49% 감소하는 것을 제외하고는 의미있는 영향이 없었다 (Table 14). 반면, 경증 손상 발생은 가을의 경우는 1도 하강에 0.47%로 증가하는 것은 중증 손상과 유사 하였으나, 겨울에는 임계치를 갖으며 영하 5.8도 이하에서는 1도 하강시 2.12% 증가하는 하였다.

Table 14. Percent Change of mild and severe injuries from traffic accidents associated with 1°C increase of mean temperature

All (n=1826)					season					
Thre shold	%change	95%CI		season	n	Threshold	%change	95%CI		P value
Temperature										
Mild injury										
	-0.10	-0.31	0.11	spring	460		0.39	-0.03	0.82	.717
				summer	460		0.48	0.23	0.73	.002
				fall	455		-0.47	-0.64	-0.03	<.001
				winter	451	<-5.8	-2.12	-2.51	-1.73	<.001
						>-5.8	-0.35	-0.58	-0.14	<.001
Severe injury										
<14.5	0.28	0.04	0.53	spring	460		0.39	-0.03	0.82	.072
>14.5	-0.33	-0.66	0.01	summer	460		0.33	-0.39	1.05	.375
				fall	455		-0.49	-0.91	-0.06	.025
				winter	451		0.24	-0.15	0.63	.233

§95% CI: 95% confidence interval

n: number of days

#### 다. 비, 눈, 안개의 개별적 영향

교란변수들(기온, 기압, 요일, 법정공휴일, 장기적 추세)을 보정하고, 경증과 중증 부상자 발생에 미치는 비, 눈, 그리고 안개의 영향에 대해 알아보았다 (Table 15). 강수량이 중위수(3.5mm)이상 관측될 때 경상자는 약 10%, 사망을 포함한 중상자는 약 6.6%증가하였다. 중증 부상자 발생이 경증 부상자와 비교하여 비나 눈의 영향을 적게 받음을 확인할 수 있었다. 그러나 적설량이 중위수(1.67cm)이상 쌓여있을 경우와 안개는 중증 부상자 발생과 유의한 결과를 얻지 못하였다.

Table 15. Effect of precipitation, snow, and fog on mild and severe injuries from traffic accidents

	Mild injuries			Severe injuries		
	%change	95% CI§		%change	95% CI§	
Precipitation †						
< median (3.5mm)	-0.25	-0.08	0.32	-0.62	-2.27	1.07
≥ median (3.5mm)	10.11	9.45	10.76	6.55	4.69	8.44
Snow‡						
< median (1.78cm)	11.1	9.92	12.4	7.87	4.33	11.5
≥ median (1.78cm)	11.6	10.2	13.1	-1.12	-4.95	2.86
Fog						
Foggy day	-1.55	-2.31	-0.78	-1.39	-3.60	0.88

§ 95% CI: 95% confidence interval

† Reference: no precipitation

‡ Reference: no snow

경증과 중증 부상자 발생에 미치는 비, 눈, 그리고 안개의 상황별 영향을 계절별로 분류하여 알아보았다 (Table 16). 4계절 결과와 유사하게 경증 손상의 경우 강수량이 3.5mm이상인 경우에 교통사고 부상자가 증가하였다. 그러나 안개와 눈이 많이 쌓여있는 날에는 중증손상 환례 수 때문에 유의성을 확인하기 어려웠다.

Table 16. Season-specific effect of precipitation, snow, and fog on mild and severe injuries from traffic accidents

		Mild injuries			Severe injuries		
		season	%change	95% CI§	%change	95% CI§	
<b>Precipitation †</b>							
< median (3.5mm)	Spring		-1.93	-3.26	-0.59	-1.51	-5.23
	Summer		-1.95	-2.99	-0.91	-3.16	-6.12
	Fall		2.26	1.05	3.49	4.24	0.75
	Winter		3.07	1.70	4.47	1.27	-2.61
≥ median (3.5mm)	Spring		9.12	7.64	10.6	7.42	3.38
	Summer		7.35	6.18	8.53	5.53	2.22
	Fall		17.8	16.3	19.3	13.5	9.46
	Winter		15.5	13.1	18.0	5.20	-1.12
<b>Snow‡</b>							
< median (1.78cm)	Spring		5.08	2.04	8.22	12.9	4.12
	Winter		11.8	10.1	13.4	5.57	2.16
≥ median (1.78cm)	Spring		14.9	8.24	22.0	17.45	-1.08
	Winter		6.48	4.65	8.35	-2.82	-7.22
<b>Fog</b>							
Foggy day	Spring		-1.05	-2.68	0.60	-3.75	-8.20
	Summer		-1.59	-2.85	-0.32	-1.08	-4.74
	Fall		0.08	-1.77	1.96	-4.78	-9.93
	Winter		-0.23	-2.49	2.08	9.61	2.98

§ 95% CI: 95% confidence interval

† Reference: no precipitation

‡ Reference: no snow

#### 라. 비, 눈, 안개의 상황별 영향

비가 3.5mm미만으로 내렸을 때는 지속된 비였는지 오랜만에 내린 비였는지에 상관없이 유의한 결과를 보이지 않았다 (Table 17). 그러나 4일 이상 비가 내리지 않다가 3.5mm이상 내린 경우, 맑은 날과 비교하여 교통사고 부상자가 많이 발생하였으며, 경증 손상에서 더욱 증가폭이 컸다. 비와 눈이 같이 관측된 날에는 경증 손상과 비교하여 중증 손상의 증가폭이 작았다.

혹한과 눈이 같이 관측된 경우, 눈과 혹한의 합보다 더 경증 부상자수가 많이 증가하였다. 중증 손상의 경우, 유의성을 확보하지 못하였다.

Table 17. Combined effect of precipitation, spell, snow, and cold wave on mild and severe injuries from traffic accidents

	Mild injuries			Severe injuries		
	%change	95% CI§		%change	95% CI§	
Spell†						
Light precipitation						
Non-first	-0.16	-0.88	0.56	-1.11	-3.19	1.02
First	-0.48	-1.24	0.29	-0.09	-2.33	2.20
Heavy precipitation						
Continuous	8.79	7.99	9.60	6.71	4.41	9.05
1 day apart	4.75	3.38	6.14	-0.61	-4.42	3.34
2-3 days apart	8.86	7.46	10.3	6.27	2.33	10.4
4-6 days apart	20.3	18.7	21.9	12.3	7.83	16.9
≥ 7 days apart	14.5	12.8	16.2	8.94	4.27	13.8
Precipitation with/without snow‡						
Light precipitation	0.03	-0.57	0.64	-0.16	-1.90	1.62
Heavy precipitation	10.6	9.94	11.3	7.16	5.26	9.09
Snow only	13.9	12.5	15.3	7.40	3.51	11.4
Snow with light precipitation	10.3	8.86	11.7	3.22	-0.3	7.33
Snow with heavy precipitation	18.0	15.9	20.2	3.73	-1.99	9.78
Snow with cold wave in winter¶						
Snow without cold wave	10.2	8.81	11.6	1.30	-2.37	5.12
Cold wave only	5.17	3.47	6.90	1.69	-3.09	6.70
Snow with cold wave	18.2	16.2	20.3	4.84	-0.43	10.4

§ 95% CI: 95% confidence interval

† Reference: no precipitation

‡ Reference: dry day

¶ Reference: dray day without cold wave

#### 4. 보행자교통사고, 탑승자교통사고 대 이륜차 교통사고

##### 가. 월별, 계절별 교통사고 손상 발생률

교통사고 유형중 탑승자 교통사고, 보행자 교통사고, 이륜차 교통사고, 음주운전 사고로 월별 발생률과 발생 추세를 파악하였다 (Figure 14). 탑승자 교통사고는 전체 교통사고 부상자의 84%이며, 가을에 가장 많이 발생하나 다른 유형과 비교하여 계절적 변동이 적은 편이다. 보행자 교통사고로 인한 부상자는 전체 교통사고 부상자의 12%이며, 가을과 봄에 가장 많이 발생하여 연구기간 중 2008~2009년에 많이 발생하였다.

이륜차 교통사고는 전체 교통사고 부상자의 3%이며, 겨울철에 매우 두드러진 감소를 보인다. 반면 음주운전으로 인한 부상자 발생은 전체의 2.5%으로 계절적 변동이 적었으나, 그 중 11~12월에 가장 많이 발생하였다 (Figure 15).



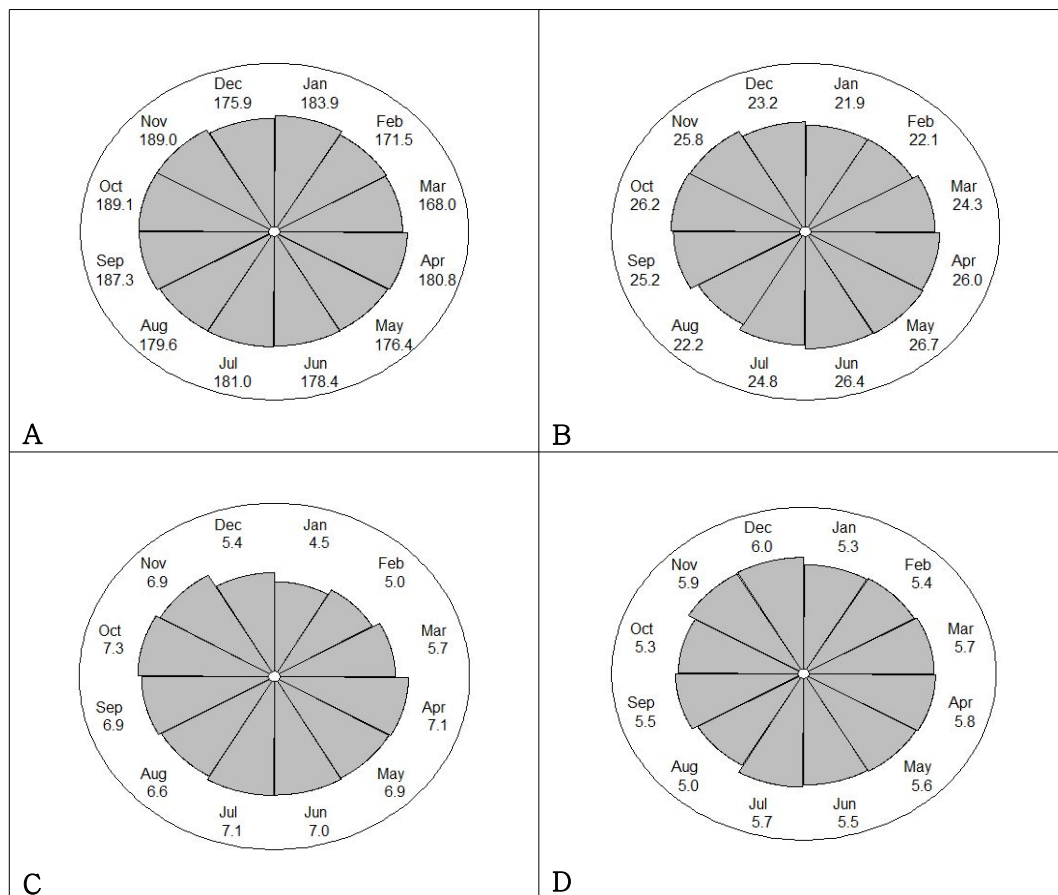


Figure 14. Monthly incidence§ of injuries according to types of traffic accidents

A: Car-occupant injuries

B: Pedestrian injuries

C: motorcycle injuries

D: drink-driving injuries

§(Injured persons/total population in Seoul)\*100,000

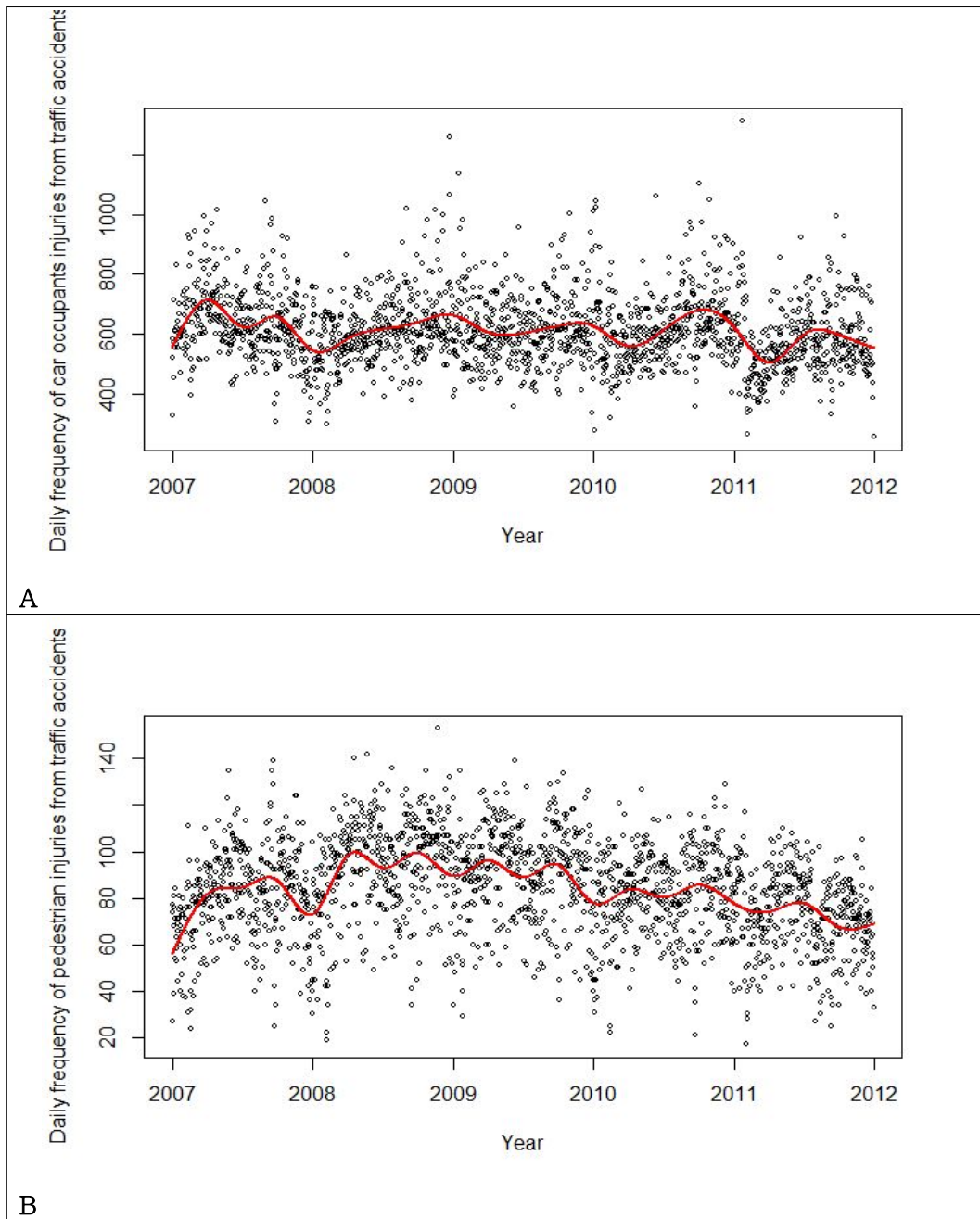


Figure 15(Cont.). Trend of injuries injuries according to types of traffic accidents in Seoul, 2007–2011

A: Car-occupant injuries B: Pedestrian injuries

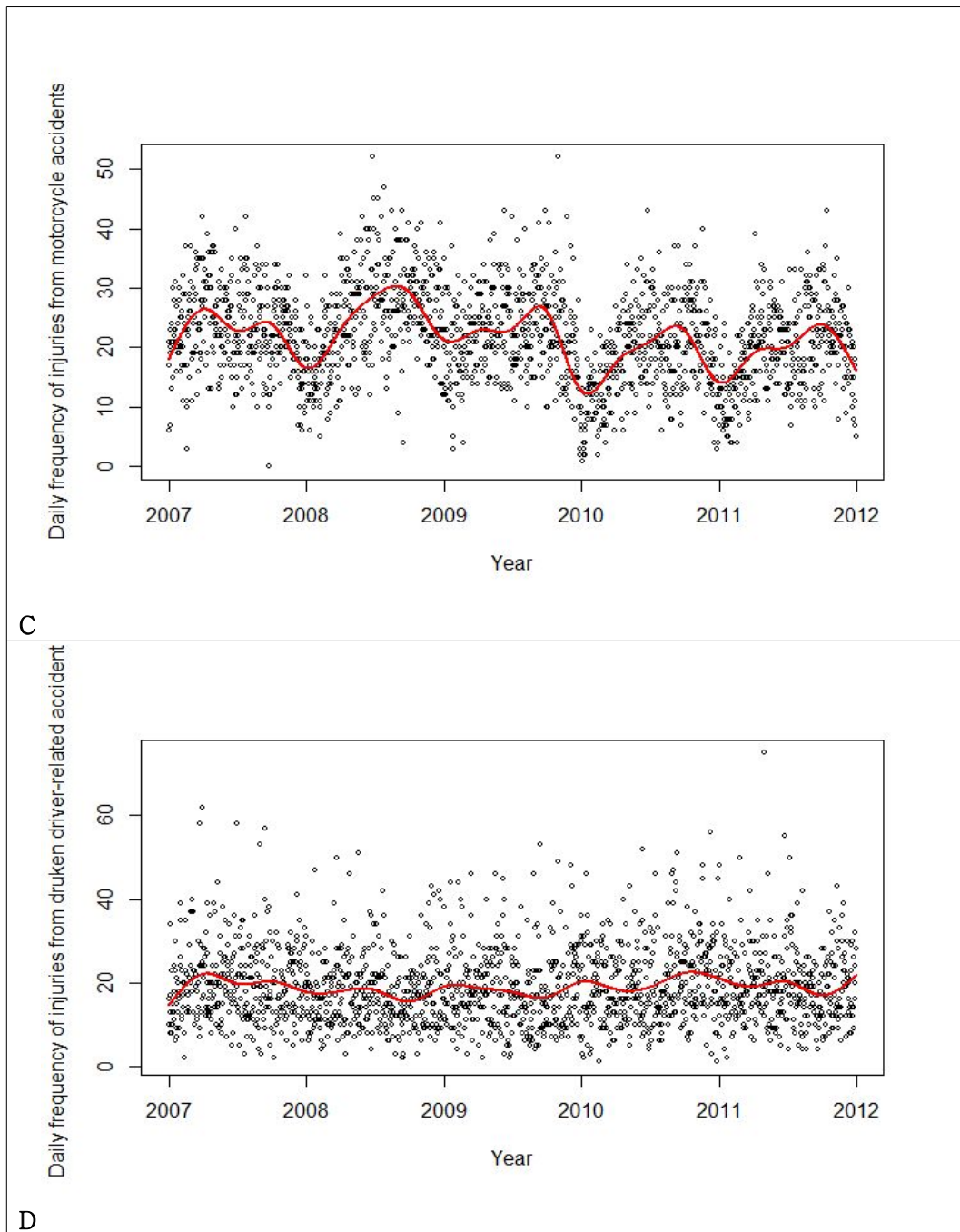


Figure 15. Trend of injuries according to types of traffic accidents in Seoul, 2007–2011

C: motorcycle injuries    D: drink-driving injuries

## 나. 기온의 영향

교통사고 유형별로 부상자 발생과 기온과의 관계를 살펴보았다 (Figure 17). 탑승자 교통사고는 영하의 기온에서 손상 발생이 증가하였으며, 반면 탑승자

교통사고는 영하의 기온에서 다소간 감소하는 경향을 보였다. 이륜차 역시 교통사고 손상 발생이 영하로 갈수록 감소하였다. 그러나 음주운전의 경우 약 10도 이하에서는 뚜렷한 증감을 보이지 않았다.

여름에 교통사고 유형별로 기온과의 관계를 살펴보았다 (Figure 18). 평균기온 25도 이상으로 더울 때에는 보행자 교통사고는 다소 감소하고 탑승자 교통사고는 반대로 조금 상승하는 경향을 보였다. 음주운전에 의한 손상 발생은 여름철에는 무더울 때보다 서늘할 때 호발하였다.

겨울에는 보행자 교통사고는 기온에 의한 차이를 보이지 않았다 (Figure 19). 그러나 탑승자 교통사고는 영하의 날씨에서 교통사고 부상자가 증가하였다. 이륜차와 음주운전의 경우에는 연관성을 확인하기 어려웠다.

기온의 영향은 보행자 교통사고는 20.9도, 이륜차 교통사고는 10.4도 부근에서 최고점을 기록하였다 (Table 18). 계절별로 분석한 결과 탑승자 교통사고만이 혹한의 임계치를 갖으며, 영하 5.9도 이하에서 급격하게 증가하였다.

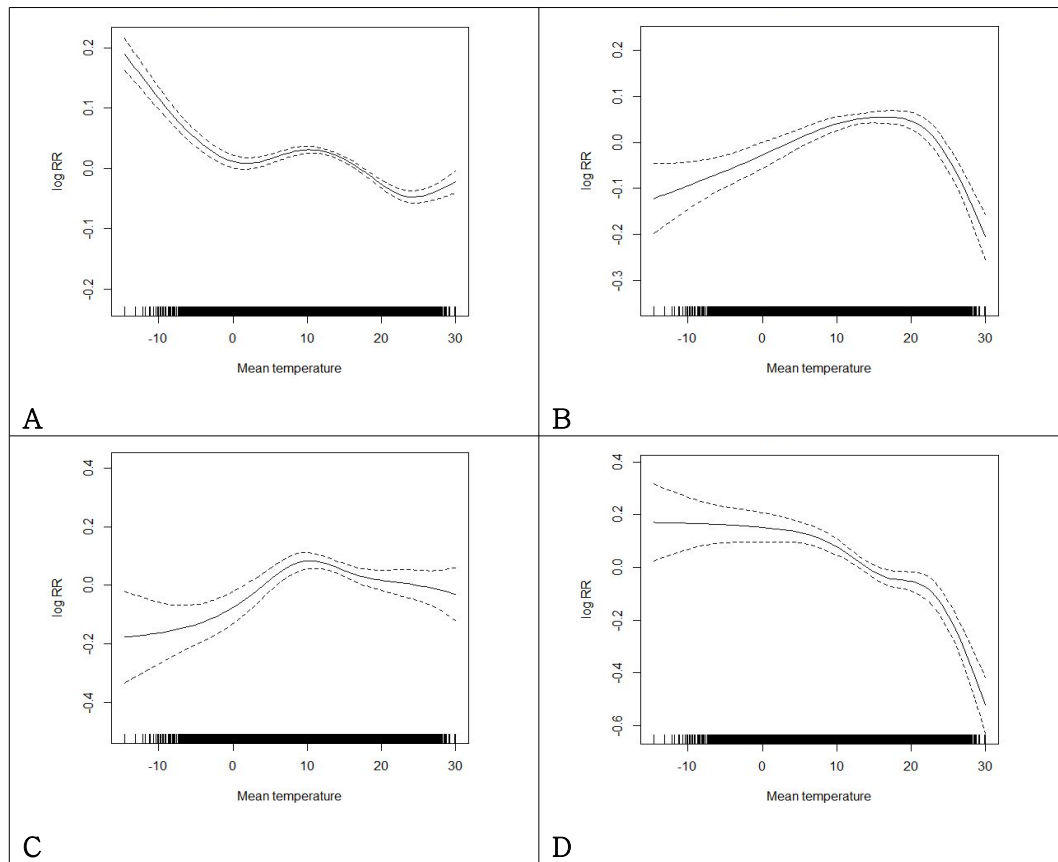


Figure 16. Relationship between frequency of injuries according to types of traffic accidents and temperature(°C) in all seasons

A: Car-occupant injuries in all seasons

B: Pedestrian injuries in all seasons

C: Motorcycle injuries in all seasons

D: Drink-driving injuries in all seasons

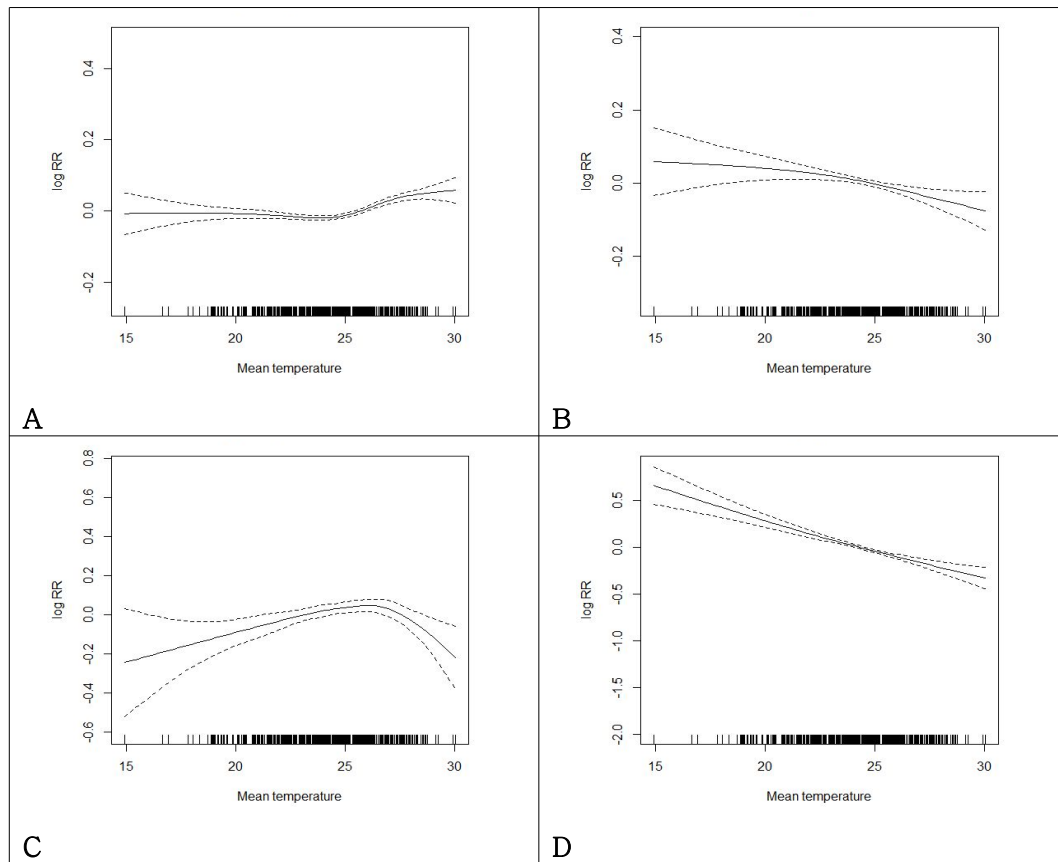


Figure 17. Relationship between frequency of injuries according to types of traffic accidents and temperature(°C) in summer

A: Car-occupant injuries in summer

B: Pedestrian injuries in summer

C: Motorcycle injuries in summer

D: Drink-driving injuries in summer

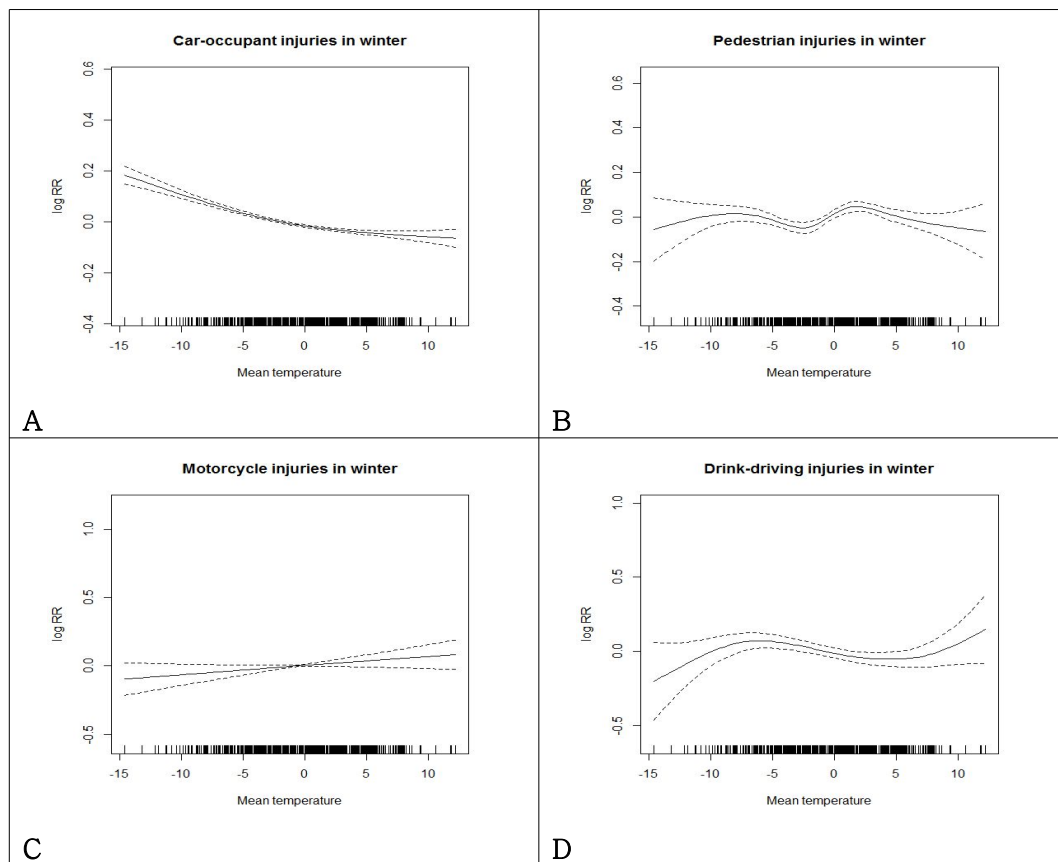


Figure 18. Relationship between frequency of injuries according to types of traffic accidents and temperature(°C) in winter

A: Car-occupant injuries in winter

B: Pedestrian injuries in winter

C: Motorcycle injuries in winter

D: Drink-driving injuries in winter

Table 18. Percent Change of injuries according to types of traffic accidents associated with 1°C increase of mean temperature

All (n=1826)					Season	Season-specific				
Thresh old	%chan ge	95% CI <sup>§</sup>		Thresh old		%chang e	95% CI <sup>§</sup>		<i>P</i> <i>value</i>	
Temperature										
Car occupants		-0.29	-0.36	-0.22	Spring		-0.08	-0.23	0.07	.320
					Summer		0.66	0.40	0.92	<.001
					Fall		-0.55	-0.72	-0.37	<.001
					Winter	<-5.9	-2.23	-2.61	-1.79	<.001
						≥-5.9	-0.95	-0.59	-0.43	<.001
Pedestrian	<20.9	0.46	0.25	0.68	Spring		0.41	0.03	0.78	.033
	≥20.9	-2.99	-3.38	-2.61	Summer		-1.04	-1.71	-0.38	.002
					Fall		-0.204	-0.58	0.18	.292
					Winter		0.19	0.003	0.37	.046
Drink-driving		-1.05	-1.40	-0.70	Spring		-1.36	-2.21	-0.50	.002
					Summer		-6.08	-7.46	-4.69	<.001
					Fall		-0.70	-1.68	0.28	.159
					Winter		-0.53	-1.21	0.15	.123
Motorcycle	<10.4	1.44	0.93	2.95	Spring		0.52	-0.22	1.26	.167
	≥10.4	-0.90	-1.39	-0.41	Summer		0.85	-0.41	2.12	.188
					Fall		0.28	-0.26	0.82	.308
					Winter		-0.53	-0.12	0.14	.123

§95% CI: 95% confidence interval



#### 다. 비, 눈, 안개의 개별적 영향

교통사고 유형별로 비, 눈, 안개의 영향이 다르게 나타났다 (Table 19). 비가 3.5mm이상 온 경우, 탑승자 교통사고는 12%, 음주운전으로 인한 교통사고 부상자는 32% 증가하였다. 그러나 보행자 교통사고에는 비의 영향이 적었으며, 이륜차 교통사고의 경우 비가 온 날에는 교통사고가 감소하였다.

눈의 효과는 탑승자 교통사고에서 가장 크게 나타났으며 이륜차 교통사고에서는 큰 감소를 보였다. 보행자 교통사고나 음주운전에서는 다소간 감소하였으나 유의성을 보이지는 않았다. 안개가 관측된 날은 비나 눈과 비교하여 효과가 적었으며, 탑승자 교통사고와 보행자 교통사고의 경우에만 유의성을 확보할 수 있었다.

강수량이 3.5mm 이상인 경우, 탑승자 교통사고와 보행자 교통사고로 인한 부상자가 증가하였으며 가을이나 겨울철에는 그 효과가 컸다 (Table 20). 눈에 의한 영향은 보행자 교통사고보다 탑승자 교통사고에서 더욱 크며, 안개에 의한 영향은 유의성을 확인하기 어려웠다.

음주운전시 강수량에 의한 영향은 여름에서 겨울까지 매우 높으며 또한 증가하는 경향을 보였다 (Table 21). 그러나 눈이나 안개에 의한 영향은 유의한 관계를 보이지 못하였다. 반면 이륜차 교통사고는 비가 오거나 겨울철 눈이 내리면 감소하였다.

Table 19. Effect of precipitation, snow, and fog on injuries according to types of traffic accidents

	Car occupant			Pedestrian			Drink-driving			Motorcycle		
	%chan ge	95% CI <sup>§</sup>		%chan ge	95% CI <sup>§</sup>		%chan ge	95% CI <sup>§</sup>		%chan ge	95% CI <sup>§</sup>	
<b>Precipitation<sup>†</sup></b>												
< median(3.5mm)	0.49	-0.07	1.06	-0.15	-1.65	1.37	6.46	3.06	9.97	-8.74	-11.4	-5.96
≥ median(3.5mm)	12.0	11.3	12.6	2.45	0.79	4.13	35.9	31.5	40.4	-18.9	-21.6	-16.8
<b>Snow<sup>‡</sup></b>												
< median(1.78cm)	10.2	9.04	11.4	8.48	5.26	11.8	6.56	0.32	13.2	-8.15	-14.1	-1.81
≥ median(1.78cm)	9.54	8.17	10.9	-2.64	-6.13	0.98	-3.31	-9.86	3.71	-36.4	-42.0	-30.3
<b>Fog</b>												
Foggy day	-1.35	-2.11	-0.58	-2.58	-4.61	-0.52	1.29	-2.83	5.58	-3.81	-7.81	0.36

§ 95% CI: 95% confidence interval

<sup>†</sup> Reference: no precipitation

<sup>‡</sup> Reference: no snow

Table 20. Season-specific effect of precipitation, snow, and fog on car-occupant and pedestrian injuries according to types of traffic accidents

	Season	Car-occupants			Pedestrians		
		%change	95% CI§		%change	95% CI§	
Precipitation †							
< median (3.5mm)	Spring	-0.72	-0.19	0.53	-2.06	-5.17	1.16
	Summer	-1.77	-2.85	-0.68	-2.52	-5.28	0.32
	Fall	3.52	2.25	4.81	-0.07	-3.28	3.25
	Winter	4.52	3.16	5.90	9.02	5.23	12.9
≥ median (3.5mm)	Spring	10.5	9.06	12.0	2.49	-0.95	6.06
	Summer	9.01	7.79	10.3	-1.94	-4.85	1.07
	Fall	19.4	17.9	21.0	8.33	4.60	12.20
	Winter	16.6	14.2	19.1	22.2	15.5	29.3
Snow‡							
< median (1.78cm)	Spring	5.81	2.76	8.96	13.7	5.79	22.2
	Winter	12.08	10.48	13.71	-0.35	-4.28	3.74
≥ median (1.78cm)	Spring	12.3	5.25	19.7	3.26	-12.5	21.8
	Winter	7.62	5.91	9.35	-8.74	-12.8	-4.50
Fog							
Foggy day	Spring	-0.21	-1.75	1.36	-1.66	-5.61	2.45
	Summer	-1.49	-2.80	-0.17	-2.92	-6.29	0.57
	Fall	-0.01	-1.93	1.95	-2.66	-7.65	2.60
	Winter	2.15	-0.06	4.41	4.74	-1.12	11.0

§ 95% CI: 95% confidence interval

† Reference: no precipitation

‡ Reference: no snow

Table 21. Season-specific effect of precipitation, snow, and fog on drink-driving and motorcycle injuries according to types of traffic accidents

		Drink-driving			Motorcycle		
		Season	%change	95% CI <sup>§</sup>	%change	95% CI <sup>§</sup>	
<b>Precipitation †</b>							
< median (3.5mm)	Spring		5.27	-1.77	12.8	-10.9	-16.4
	Summer		-4.26	-10.4	2.30	-8.15	-13.0
	Fall		4.84	-2.37	12.6	-6.18	-11.8
	Winter		7.93	0.48	15.9	-4.53	-11.7
≥ median (3.5mm)	Spring		32.8	23.7	42.6	-19.7	-25.2
	Summer		24.8	17.0	33.2	-17.3	-22.0
	Fall		36.3	26.4	46.9	-16.7	-22.3
	Winter		38.2	23.9	54.2	-14.5	-25.1
<b>Snow‡</b>							
< median (1.78cm)	Spring		37.5	18.8	59.1	14.9	-1.57
	Winter		-0.24	-7.73	7.86	-15.0	-22.1
≥ median (1.78cm)	Spring		-9.71	-38.6	32.7	-5.96	-38.4
	Winter		-3.28	-11.1	5.24	-32.8	-39.6
<b>Fog</b>							
Foggy day	Spring		6.30	-2.03	15.3	-8.82	-16.2
	Summer		-1.15	-8.00	6.21	-3.85	-10.3
	Fall		4.89	-5.59	16.5	-8.09	-16.8
	Winter		-14.9	-24.9	-3.60	11.6	-1.18

§ 95% CI: 95% confidence interval

† Reference: no precipitation

‡ Reference: no snow

## 라. 비, 눈, 안개의 상황별 영향

눈, 비, 폭한의 복합적인 영향이 교통사고 유형별로 어떠한 영향을 주는지 파악하였다 (Table 22). 탑승자 교통사고에서 보이는 마지막 비가 내린 날과이번 비와 시간 차이에 의한 영향은 보행자나 음주운전 시에는 관찰되지 않았다. 눈과 폭한에 의한 가법 교호작용은 보행자나 이륜차 교통사고에서는 관찰되지 않았다.

Table 22. Combined effect of precipitation, spell, snow, and cold wave on injuries according to types of traffic accidents

	Car occupants			Pedestrian			Drink-driving			Motorcycle		
	%change	95% CI§		%change	95% CI§		%change	95% CI§		%change	95% CI§	
Spell†												
Light precipitation												
Non-first	0.10	-0.62	0.82	-0.76	-2.66	1.17	4.54	0.32	8.95	-9.00	-12.5	-5.39
First	0.73	-0.04	1.50	0.51	-1.54	2.59	9.06	4.44	13.9	-8.60	-12.2	-4.83
Heavy precipitation												
Continuous	10.4	9.59	11.2	1.53	-0.53	3.64	41.9	36.5	47.7	-20.5	-23.7	-17.1
1 day apart	5.42	4.02	6.84	1.41	-2.13	5.09	35.0	25.7	45.0	-17.3	-23.2	-10.9
2-3 days apart	10.4	8.94	11.8	4.09	0.45	7.87	21.6	13.2	30.6	-21.1	-26.8	-14.8
4-6 days apart	23.7	22.1	25.4	3.20	-0.62	7.16	41.1	31.3	51.7	-18.4	-24.6	-11.7
≥ 7 days apart	16.9	15.2	18.7	5.79	1.55	10.2	20.1	10.1	30.9	-11.0	-18.3	-3.0
Precipitation with/without snow‡												
Light precipitation	0.78	0.18	1.39	-0.16	-1.74	1.44	7.11	3.49	10.9	-8.73	-11.5	-5.86
Heavy precipitation	12.7	12.0	13.3	1.62	-0.08	3.35	37.3	32.7	42.0	-19.2	-21.9	-16.4
Snow only	13.1	11.7	14.4	-0.06	-3.47	3.48	7.59	0.60	15.1	-22.1	-28.1	-15.6
Snow with light precipitation	9.77	8.36	11.2	5.10	16.6	9.00	8.88	1.44	16.9	-22.5	-28.8	-15.7
Snow with heavy precipitation	16.1	13.9	18.3	14.5	9.03	20.2	24.0	11.7	37.7	-33.2	-41.5	-23.8
Snow with cold wave in winter¶												
Snow without cold wave	11.3	9.84	12.7	-4.18	-7.66	-0.57	-2.77	-9.58	4.56	-21.0	-27.3	-14.1
Cold wave only	5.10	3.36	6.88	3.51	-1.22	8.47	1.75	-7.03	11.4	0.42	-8.61	10.4
Snow with cold wave	20.0	17.9	22.2	-3.63	-8.54	15.5	7.20	-2.39	17.7	-29.0	-37.4	-19.5

§ 95% CI: 95% confidence interval

† Reference: no precipitation

‡ Reference: dry day

¶ Reference: dry day without cold wave

## IV. 고 찰

### A. 주요결과

2007~2011년 서울지역의 교통사고 부상자 발생과 계절 및 기상요소와의 관련성을 살펴보았다. 대부분 따뜻한 계절에 교통사고로 인한 손상이 빈번하게 일어나며 겨울에는 감소하였다. 그러나 겨울 혹한에 교통사고 손상이 증가하였다. 강수량이 많을수록, 그리고 4일 이상 맑은 후 비가 내린 경우 교통사고 손상의 증가가 두드러졌다. 또한 혹한과 눈이 같은 날 관측되면 교통사고 손상이 급증하였다. 이러한 현상은 남성운전자, 청장년운전자, 탑승자교통사고, 경증부상자의 경우 뚜렷하게 나타났으며, 반대로 여성운전자, 노인운전자, 이륜차 교통사고, 보행자 교통사고에서는 기상 악조건에 의하여 약한 연관성만을 보이거나 오히려 음의 연관성을 보이기도 하였다.

### B. 선행 연구와 비교

#### 1. 비

이번 연구 결과에서는 강수량이 3.5mm 이상일 때 교통사고 부상자 수가 약 10% 증가하며 가을이나 겨울에 더욱 뚜렷하게 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 반면 3.5mm 미만일 때에는 가을이나 겨울에만 3~4% 증가하였다. 교통사고와 비의 연관성에 대한 선행연구들은 1980년대부터 시작되었다. 2000년 이전 대부분의 연구들은 강수량과 교통사고 건수의 상관계수를 계산하여 제시하거나 대응쌍 접근법(matched-pair approach)를 이용하여 분석하였다. 캐나다 몬트리올에서 1990~1992년의 강수량과 교통사고 건수를 분석한 결과 상관계수(correlation coefficient)

가 0.27이었다(Andreescu and frost, 1998). 대응 짝 접근법은 일정 기간 내에서 비가 오는 날과 그렇지 않는 날을 비교하며 주로 1주 이상 떨어진 같은 요일에서 대조군을 선택하여 비교하는 방법이다(Bertness et al, 1980; Sherretz and fahar, 1978; Andrey and Yagar, 1993). 이중 미국 시카고와 인디애나에서 시행된 연구에서는 비오는 날의 1주 전후인 맑은 날을 대조군으로 설정하여 비오는 날의 효과를 비교하였다(Bertness et al, 1980). 결과는 비오는 날이 맑은 날과 비교하여 약 2배 교통사고가 증가하였으며, 이는 미국 세인트루이스 지역에서 얻는 결과와 유사하였다(Sherretz and Farhar). 캐나다 켈거리에서 시행된 연구에서는 요일뿐만 아니라 발생한 시각도 고려하여 분석한 결과, 비는 교통사고 발생을 약 1.7배 증가시키며 이러한 영향은 태풍을 제외하고 매우 즉각적으로 사라져서 비가 그친 후 1시간이면 위험은 맑은 날 수준으로 감소한다고 제시하였다.

선행 연구들과 비교하여 비의 효과가 다소 낮게 측정되었는데 그 이유에 대한 가능한 설명은 다음과 같다. 첫째, 기상요소에 대한 정의에 따라 영향의 크기가 다르게 나타날 수 있다. 2003년에 시행된 연구에서는 대응 짝 접근법을 이용하여 사건(event)와 대조(control)을 정의하는 방법에 따라 영향이 어떻게 바뀌는지 민감도분석을 실시하였다(Andrey et al, 2003). 사건을 정의할 때, 강수량 정도(6시간 동안 0.2mm 이상, 또는 0.4mm 이상), 강수시간 포함유무, 관찰시간 중 교통사고가 비오는 시간에 발생한 분율 등을 포함하는지에 따라 사건 정의의 조합을 만들고, 대조의 경우에도 도로의 결빙상태 제외 여부, 강수시간 포함여부에 따라 정의를 내려서 최종 10가지 시나리오를 가지고 분석한 결과 부상자에 대한 비의 영향은 비교위험도 1.30~1.43이며, 크지 않은 민감도를 보였다. 따라서 선행연구들과의 차이는 정의에 따라 차이를 보일 수 있다.

두 번째로 교통사고 건수에 비교하여 교통사고 부상자 발생에 대한 영향의 크기가 상대적으로 작았다. 비교연구(comparison study)에 대한 체계적 문헌고찰 및 메타분석에서는 교통사고 발생에 관한 10개 연구의 효과가 71%(31-111%)으로 추정된 반면, 부상자에 관한 7개의 연구는 49%(28-70%)으로 낮은 것으로 나타났다

(Qiu et al, 2008). 앞서 제시한 민감도 분석 연구에서도 교통사고 발생에 관한 비 교위험도는 1.75(4.55-1.89)인 반면, 손상발생에 관하여는 1.45로 낮게 나타났다.

세 번째로 연구 지역간의 차이로 인해 효과의 차이가 나타날 수 있다. 연구지역 별로 강수 효과를 비교한 결과 미국은 21% 증가, 캐나다는 50% 증가, 영국은 42% 증가하였다(Qiu et al 2008). 이에 대한 명확한 설명은 어려우나 교통사고가 다요인들이 복합적으로 작용하여 발생하는 현상임을 고려하면 지역별 차이의 가 능성을 이해할 수 있다. 도로환경, 기상현상에 대한 교통량 변화, 기상 악조건시 운전태도 변화, 그리고 강수를 제외한 다른 기상요소들의 영향이 종합적으로 작용 하여 교통사고 및 이로 인한 손상이 발생하기 때문에 지역별로 차이를 나타낼 수 있다. 그동안 연구가 시행된 국가들이 대부분 미국, 캐나다, 영국, 유럽(덴마크, 핀 란드, 노르웨이, 스웨덴)에 국한되었으므로, 직접적인 비교가 어렵다(Eisenberg et al, 2004).

마지막으로 연구방법, 연구시기, 계절에 따라 비의 영향, 자료원에 따라 다르게 나타날 수 있다(Mills et al, 2011). 연구디자인(회귀분석, 대응작 접근, ARIMA모 형 등)의 차이와 교란변수의 보정 정도에 따라 영향이 다르게 나올 수 있다. 그러 나 이러한 차이에 관한 연구는 아직 제한적이다.

교통사고 부상자에 미치는 영향은 강수량과 최근 강수와의 간격에 영향을 받았 다. 강수량이 적은 경우 이전 강수 여부에 영향을 받지 않았지만, 강수량이 많은 경우 최근 3일이내의 비가 왔다면, 교통사고 부상자의 수는 약 5~9% 증가하고 4 일 이상 간격일 때는 15~20%로 크게 증가하였다. 이는 이전 연구와 일치하는 결 과이다. 건기(dry spell)에 비가 오는 경우 교통사고의 증가가 뚜렷하게 나타났으 며, 특히 강수량이 많을 때 크게 증가하였다 (Keay et al, 2006). 1~5일 건기 후 0-5mm의 강수인 경우, 우기와 비교하여 약 5% 표준화교통사고 건수가 증가하였 다. 반면, 5일 이상 건기 후 10mm초과의 강수가 내린 경우, 교통사고는 30% 증가 하였다. 교통사고를 치명적, 비치명적 손상, 그리고 재산피해만 발생한 경우로 나 누어서 확인하여도 유사한 결과를 확인할 수 있다(Eisenberg et al, 2004). 마지막



관찰된 강수로부터 멀어질수록 교통사고의 위험이 증가하였다. 간격이 하루에서 21일 이상으로 증가하면 치명적 교통사고는 비의 효과가 0.37%에서 9.2%로, 비치명적 교통사고는 9.7%에서 23%로, 재산피해만 발생한 경우는 11%에서 26%로 증가하였다. 이렇게 첫 번째 강수가 더 높은 교통사고 위험을 보이는 이유는 건기동안 도로위에 모인 기름으로 인하여 비가 오면 첫날에 빗물위에 기름층이 생겨서 더욱 미끄럽게 만들며, 강수가 지속되는 경우 빗물로 인하여 기름층이 씻겨 사라지기 때문이라고 설명하고 있다(Keay et al, 2006).

## 2. 눈

적설이 관찰되는 날은 그렇지 않은 날과 비교하여 교통사고 부상자가 약 9% 증가하였다. 그러나 적설량 증가에 의한 영향은 관찰되지 않았다. 선행연구중 교통사고에 대한 눈의 영향은 연구마다 많은 차이를 보인다. 일부 연구들에서는 눈오는 날에는 교통사고가 급격히 증가하였다. 2008년에 시행된 메타분석에 의하면 눈의 효과를 평가한 4개 연구에서 교통사고 부상자가 약 75%(54-96%) 증가하여서, 비의 효과를 평가한 7개 연구 49%(28-70%)보다 더 큰 효과를 보였다(Qiu et al., 2008). 캐나다 오타와에서 시행된 연구에서 눈이 오는 날에 교통사고 부상자가 약 20% 증가하였다는 보고도 있다(Andrey et al., 2003) 반면, 다른 연구들에서는 눈 오는 날 교통사고가 감소하였다는 연구들도 존재한다(Fridstrom et al., 1995; Brown and Baass, 1997)

눈과 교통사고의 연관성은 적설량 및 강설량, 교통사고 유형과 관련되어 복잡하게 나타난다. 미국에서 1975~2000년 자료를 이용하여 분석한 결과, 적설량이 증가하면 치명적 교통사고는 감소하지만, 비치명적 교통사고와 재산피해, 그리고 전체 교통사고는 증가하는 것으로 나타났다(Eisenberg et al 2004). 반면, 강설량의 경우 치명적 교통사고와 역 U 관계 (reverse U shape)을 보이고 있어서, 눈이 매우 적게 내리거나 많이 내리는 경우는 치명적 교통사고가 감소하고 중간정도의

강설에는 증가하였다. 또한 최근 첫눈 여부에 따라서도 교통사고와의 연관성 강도가 달라졌다(Eisenberg et al, 2005). 맑은 날과 비교하여 두 번째 이상 눈은 치명적 교통사고가 약 7%(3-10%) 감소하는 반면에, 비치명적 사고와 재산피해만 발생한 사고는 각각 23%, 45% 증가하였다. 그러나 두 번째 이상 눈과 비교하여 첫 눈일 경우 치명적 손상은 14%(8-21%) 증가하였지만, 비치명적 사고와 재산피해만 발생한 사고는 의미있는 차이를 보이지 않았다. 그러나 본 연구에서는 강설량은 이용불가능한 자료로 적설량만을 이용하여 분석하였다.

위에서 살펴본 것과 같이 눈과 교통사고 발생의 관계가 복잡하므로 눈과 교통사고는 관련성이 연구마다 큰 차이를 보일 수 있다. 이외에도 비와 교통사고와의 연관성에서 설명되는 것과 유사하게 정의의 차이에 따른 효과의 변화, 교통사고 빈도와 교통사고 부상자 발생에 대한 영향의 크기 차이, 그리고 연구 지역 및 연구방법에 따른 차이도 기여하였을 것이다. 또한 연구시기에 따른 차이 또한 가능하다. 연구시기를 1950~1979년, 1980~1989년, 1990~2005년으로 분류하여 눈에 의한 교통사고 발생건수의 변화를 비교한 결과, 각각 113%(77-146%), 71%(71-72%), 47%(33-62%)으로 최근에 시행된 연구일수록 눈의 영향이 작게 나타났다. 이는 눈에 의한 미끄러짐을 방지하는 자동차 기술 발전 및 염화칼슘의 사용 등으로 눈의 영향이 감소하였다고 생각된다. 그러나 눈의 교통사고에 미치는 영향이 감소하였는가에 관한 논란이 존재하므로 아직 명확한 결론을 내리기는 것은 어렵다(Andrey et al., 2010).

이 연구에서는 눈과 함께 비 또는 폭한이 같이 작용할 때 교통사고 부상자의 발생을 비교하였다. 눈과 비가 함께 관측된 날에는 각각의 영향의 합보다 작게 발생하였으며, 반면 눈과 폭한이 같이 작용할 날에는 각각의 합보다 크게 관찰되었다. 눈과 비가 함께 관측된 날은 눈만 관찰된 날과 비교하여 눈이 도로위에서 녹아서 혼합된 형태로 존재하여서 그 영향이 각각의 영향의 합보다 적게 측정되었을 가능성이 있다. 이와 대조적으로, 눈과 폭한은 분석결과 부가적 교호작용을 보이며, 비슷한 결과를 보여주는 선행연구결과가 존재한다. 2000년에 시행된 연구에서 눈

이 얼어붙은 도로위로 내릴 때 교통사고 위험이 가장 크게 나타났다(Norrman et al, 2000).

### 3. 기온

기온과 교통사고에 관한 연구들은 비와 눈의 영향에 대한 연구들과 비교하여 매우 제한적이다. 대부분이 응급실기반으로 기온과 외상환자 내원 수에 대한 연구들로 외상의 기전에 대한 세부 분석이 이루어지지 못하였다(Bhattacharyya et al., 2001; Parson et al., 2011) 이번 연구 결과 전체 교통사고에 의한 부상자 발생은 겨울철에 임계온도 이하에서 호발하였다. 이러한 임계온도 이하에서 교통사고 손상이 증가하는 것은 남성 운전자, 청장년 운전자에 의한 손상과 경증 부상자, 탑승자 교통사고에서 두드러지게 나타났다. 반면 여성 운전자, 노인 운전자, 보행자 교통사고, 이륜차 교통사고, 음주운전 교통사고에는 뚜렷한 임계값을 보이지 않거나 약한 연관성만을 보였다.

이는 우리나라 구급자료를 이용한 선행 연구와 유사한 결과이다(Kim et al, 2012). 우리나라 7개 도시를 분석한 결과, 교통사고를 포함한 외상성 손상의 발생은 기울인 N자 형태로 나타나 0도 이하에서 음의 연관성을 보였다. 비록 외상성 손상에서는 추락, 둔상, 자상, 레저활동으로 인한 손상이 포함되어 있으나, 교통사고가 외상성 손상의 약 47%에 해당하므로 간접적으로 비교할 수 있다. 반면 일본의 구급자료를 이용한 연구에서는 전체 손상, 교통사고와 기상요소간의 영향을 ARIMA 모델을 이용하여 파악한 결과, 기온이 상승할수록 교통사고 건수를 증가하였으며 효과(베타)는 0.025에 해당하였다(Abe et al.; 2008).

겨울철 빙판길과 교통사고의 연관성을 조사한 연구들이 있으나 온도와 직접적인 관련성을 제시하는 연구는 매우 제한적이다(Morgan et al., 2011; Usman et al. 2010) 혹한시 교통사고가 증가하는 현상에 관한 가능한 설명은 눈이 내리지 않은 상태에서도 혹한으로 인하여 지표근처의 수증기가 얇은 얼음을 형성하여서 교통

사고의 위험이 증가하였을 수 있다. 만약 눈이 내리는 경우 도로위에 수분의 공급이 지속되며 이러한 상태가 강화되거나 지속할 수 있다. 이는 폭한과 눈이 같은 날 관찰될 경우 각각의 영향이 부가적 교호작용 이상으로 교통사고 손상을 증가시킴을 통해서 간접적인 지지를 받는다.

#### 4. 안개

안개의 경우, 교통사고에 미치는 영향이 크지 않았으며 특히 강수량을 보정한 후에는 음의 연관성을 보이기도 하였다. 요일, 법정공휴일, 장기적인 추세, 기온, 강수량을 보정한 결과, 안개가 관측된 겨울에 교통사고 부상자수가 2.5% 증가한 것을 제외하고는 나머지 계절에서는 안개의 영향은 유의하지 않거나 약간 감소하였다.

선행연구에서는 가시거리와 교통사고의 상관성을 평가한 일부 연구들이 제한적으로 존재하였다(Trick et al., 2010; Abdel-Aty et al. 2011). 이외에도 도로 조명을 늘릴 경우 교통사고가 감소하였다는 연구들이 존재한다(Wannik et al., 2009). 그러나 교통사고 손상발생에 대하여 다른 기상요소와의 연관성을 고려한 안개의 영향에 관하여 말하기에는 이용가능한 연구들의 수가 매우 적다.

이번 연구 결과, 기온, 기압, 강수량 등을 보정한 값에서는 안개와 교통사고 손상 발생이 연관성을 보이지 않거나 약간 감소하는 원인으로 안개로 인한 교통량 감소와 운전자들의 주의력 상승을 생각해 볼 수 있다. 또한 이번 연구는 최근 5년(2007~2011년)의 대도시 자료이므로 가로등이나 위험 경고표시등의 효과로 인하여 상대적으로 안개의 영향이 적게 나타날 수 있다.

## 5. 유형별 교통사고에 미치는 영향의 차이

유형별 교통사고에 의하여 기상요소의 영향이 차이를 보였다. 기상요소에 대한 영향은 남성 운전자, 경증 손상, 청장년 운전자, 탑승자 교통사고에 더 큰 영향을 미쳤다. 그러나 하위그룹별 운행거리 또는 교통량에 대한 정보의 부족으로 정확한 분모를 파악할 수 없다는 제한점이 있으므로, 단순히 교통사고 손상에 대한 위험으로 판단할 수 없으며, 운전자의 행동 변화를 고려하여 교통사고 손상에 대한 기여의 의미로 생각할 수 있다. 2007~2008년에 미국 인디애나에서 수행된 연구에 의하면 도로 상황(건조, 습함, 눈 또는 얼음이 덮임)에 대한 인식과 반응이 성별과 나이에 따라 다르게 나타났다(Morgan et al., 2011) 예를 들어 성별과 나이에 따라 운전습관(과속 또는 공격적 행동)과 기상상태(맑음, 흐림, 비)가 경증 및 중증 손상 발생에 미치는 영향이 다르게 나타난다. 따라서 여성과 노인 남성운전자의 경우 습하거나 눈 또는 얼음이 덮인 도로에서 중증 손상의 위험이 높았다고 보고하고 있다. 그러나 본 연구에서는 반대로 남성, 청장년 운전자에서 기상요소의 영향이 크게 나왔으며 이에 대한 원인을 명확하게 하기 위해서는 좋지 않은 날씨에 운전 회피, 운전 행태 변화 등에 대한 추후 연구가 우리나라에서 시행되어야 할 것이다.

좋지 않은 날씨(저온, 비, 눈)일 때, 경증 손상이 증가함에 비하여 중증 손상은 이러한 영향이 크지 않게 나타났다. 이러한 결과는 선행 연구에서 강수량과 적설량을 이용하여 중증도별 교통사고 손상발생에 미치는 영향을 발표한 연구와 유사하다. 비가 소량 내릴 때, 치명적 손상이 감소하며, 눈이 내린 경우에는 어떤 깊이인지 상관없이 치명적 손상이 감소하였다(Eisenberg et al., 2004). 그러나 비치명적 손상이나 재산피해만 발생한 교통사고는 눈이나 소량의 비가 온 경우 오히려 증가하였다. 이에 대한 가능한 설명으로 눈이나 소량의 비가 오면 전반적인 운전 시 주의력 상승, 서행으로 전반적인 손상 발생의 중증도가 감소하였기 때문에 중증 손상이 줄고 경증 손상이 증가하였을 가능성이 있다.

그 외에도 교통사고 유형별로 계절 및 기상요소의 영향이 다르게 작용하였다 (Gill et al., 2009). 이번 연구의 결과 탑승자 교통사고는 봄, 가을에 빈번하고, 겨울중 기온이 낮을 때 호발하였다. 반면, 보행자 교통사고는 혹한에 증가하지 않았으며 이륜차 교통사고는 겨울에 급격하게 감소하였다. 이는 계절과 기온에 따른 활동과 이동수단의 변화에 의한 것으로 판단된다. 도로이용의 유형별 교통사고 발생을 비교한 결과, 오토바이와 자전거는 여름과 비교하여 겨울에 매우 적게 발생하였으며 탑승자 교통사고는 여름과 겨울의 차이가 적으며 겨울에 호발하였다(Gill et al., 2009). 연령별로 보행자를 구분한 결과, 어른 보행자는 겨울에 어린이 보행자는 여름에 교통사고 발생 건수가 많았다. 따라서 다소간 차이를 보여도 보행자, 오토바이, 차량에 의한 교통사고는 계절에 의한 영향을 받음을 확인할 수 있었다.

### C. 의미

이 연구는 최근 자료를 이용하여 서울지역의 교통사고 손상발생을 계절 및 기상요소별로 파악하였다. 교통사고 및 손상이 다양한 도로 환경, 운전 행태, 사회문화적 요소들에 의하여 영향을 받으므로, 연구지역 및 연구시기에 따라 변할 수 있다. 따라서 본 연구는 우리나라에서 기상요소(온도, 강수량, 적설량, 안개)에 의한 최근 영향을 정확하게 파악하였다는 의미를 갖는다. 또한 이러한 기상요소들이 복합적으로 작용할 때 어떠한 교호작용을 갖는지 파악하였으며, 교통사고 유형별 손상발생에 미치는 영향을 분석하였다. 이러한 결과를 통하여 어떠한 기상상태일 때 교통사고 손상의 위험이 가장 높아지며 이러한 변화에 민감하게 영향을 받는 위험군을 파악할 수 있었다. 이를 통하여 위험 노출에 대한 정확한 정보전달 및 교육을 통하여 위험 회피 및 교통사고 손상 감소에 기여할 수 있을 것이다.

## D. 강점 및 제한점

### 1. 강점

이 연구는 국내 자료원을 이용하여 기상요소와 교통사고 손상발생의 연관성을 파악한 첫 번째 연구이다. 또한 자료원으로 경찰청과 보험의 통합자료를 이용하여 몇 개의 응급센터를 기반으로 한 병원자료 또는 소방구급일지에 포함되지 않은 경증 부상자를 포함한다는 장점이 있다. 따라서 발생규모와 기상요소와의 관계를 정확하게 파악할 수 있다는 장점이 있다. 두 번째로 교통사고와 관련된 계절 및 다양한 기상요소들(강수, 적설, 온도, 안개)의 영향을 총체적인 분석을 실시하였다. 세 번째로 여러 기상요소에 대한 보정을 통하여 개별적인 영향을 파악하였다. 각각 요소의 교통사고 부상자와의 연관성을 파악할 때, 추세 및 계절 영향을 포함하여 다른 기상요소에 대한 보정을 시행한 후 효과크기를 구하였다. 따라서 개별적 효과에 관한 파악이 가능하였다. 네 번째로 여러 기상요소들간 교호작용을 알아보았으며, 마지막으로 유형별 교통사고에 대한 다양한 기상요소의 영향이 어떤 차이를 보이는지 파악하였다.

### 2. 제한점

이 연구의 제한점으로 자료원과 관련된 단점을 생각해 볼 수 있다. 첫 번째로 경찰청 기반의 자료는 행정적 목적으로 수집된 자료로서 자료의 질 문제가 있을 수 있다. 그러나 선행연구에서 경찰청 교통사고 자료와 보험자료가 기상 영향에 관한 연구를 수행함에 있어서 큰 차이를 보이지 않음을 밝혔기 때문에 편향(bias)의 위험이 크지 않을 것이다. 캐나다에서 경찰 교통사고자료와 보험공단의 자료를 이용하고 비교한 결과, 맑은 날과 비교하여 비가 내리는 날 교통사고 부상자의 비교위험도가 각각 1.74(1.55-1.96), 1.69(1.55-1.85)으로 큰 차이를 보이지 않았다.



(Mills et al, 2011). 특히 이번 연구에서는 경찰청, 손해보험사, 공제조합(택시, 화물, 버스 등)의 통합 데이터베이스를 사용한 것으로 교통사고 발생의 대부분 포함하고 있으며, 질관리가 이루어지고 있다. 두 번째로 진단이나 중증도 계산에 사용할 수 있는 진단명을 포함하고 있지 않다. 따라서 사망을 제외하고 경증과 중등도 손상에 관한 구분이 모호할 수 있다. 그러나 자료에 포함된 중상과 경상은 의사의 소견에 의해 3주 이상, 미만의 치료를 필요로 하는지 여부에 따라 결정되는 것으로 일정 수준의 근거를 갖고 있다고 판단할 수 있다. 세 번째로 가공자료로 개인별 정보를 분석에 이용할 수 없었다. 교통사고 유형별 발생일시별로 가공된 자료를 이용하였으므로 성별, 연령군을 제외한 개인별 자료(거주지역, 교통사고 발생지역, 사회경제적 수준)는 고려할 수 없었다.

그 외에도 교통사고 발생에 관한 분모가 불명확하다는 제한점이 있다. 선행 연구에서 비오는 날 교통량 감소하며, 특히 겨울이나 봄에 더욱 감소하므로 교통량 보정한 결과 비오는 날의 비교위험도가 약 2.4% 상승하였다(Keay et al, 2005). 아직 서울지역의 일별 교통량에 관한 자료가 이용할 수 없으므로 이번 연구에서는 교통량을 고려하지 못하였다. 그러나 요일과 휴일, 그리고 날짜변수를 이용한 계절별 변화를 보정변수로 사용하여서 간접적으로 고려하였으므로 교통량을 보정한 결과와 큰 차이를 보이지는 않을 것이다. 또한 교통량은 보정한 표준화의 결과로 교통사고에 관한 기상요소의 비교위험도가 상승하였으므로, 표준화를 사용하지 않은 이 연구의 결과는 상대적으로 과대평가의 위험이 적었을 것이다.



## V. 결 론

본 연구는 서울지역의 교통사고 부상자 발생과 계절 및 기상요소와의 연관성을 파악하였다. 대부분 따뜻한 계절에 교통사고로 인한 손상이 빈번하게 일어나며 겨울에는 감소하였다. 그러나 전체 교통사고, 탑승자 교통사고, 경증 부상자, 남성운전자 또는 청장년운전자에 의한 부상자 발생은 겨울철 임계값 이하의 혹한에서 증가하였다. 눈과 비에 의한 교통사고 부상자의 증가도 뚜렷하였으며, 한파와 적설이 같이 관측된 날에는 그 위험이 더욱 컸다. 반면, 여성운전자, 노인운전자, 이륜차 교통사고, 보행자 교통사고로 인한 손상 발생은 혹한과의 관련성이 뚜렷하지 않았으며 눈이나 비의 영향 또한 의미있는 증가를 보이지 않거나 오히려 음의 관련성을 보였다. 이륜차 교통사고에 의한 손상 발생은 기온 하강시와 좋지 않은 날씨(비, 눈)일 때 급격하게 감소하였다. 이를 통하여 교통사고 손상의 위험이 높은 날에 대하여 파악하고 기상요소의 영향이 크게 나타나는 군을 대상으로 적절한 위험 회피와 안전한 운전행태를 교육하는 것이 필요하다.

Table 23. Key findings of the literature

Key findings
1. Heavy rain is associated with 10% increase of injuries from traffic accidents compared with dry day.
2. Rain has greater impact on injuries of traffic accident when it comes after 4 or more dry days.
3. Snow increases injuries of traffic accidents by about 9% regardless of depth.
4. 1°C decrease is associated with 2% increase of injuries in cold wave of winter.
5. Snow has positive additive interaction with cold wave in winter.
6. Fog has small and inconsistent impact on injuries of traffic accidents.
7. Inclement weather can be influential to male and young drivers.
8. Effects of Inclement weather on mild and car-occupant injuries are clearly apparent.
9. Motorcycle-related injuries have negative relationship to inclement weather.

## 참 고 문 헌

- 통계청. 2011년 사망원인 통계. Available from: URL: [http://kostat.go.kr/portal/korea/kor\\_nw/2/1/index.board?bmode=read&aSeq=260046](http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/2/1/index.board?bmode=read&aSeq=260046)
- Abe T, Tokuda Y, Ohde S, Ishimatsu S, Nakamura T, Birrer RB. The influence of meteorological factors on the occurrence of trauma and motor vehicle collisions in Tokyo. *Emerg Med J*. 2008;25(11):769-72.
- Andersson AK, Chapman L. The impact of climate change on winter road maintenance and traffic accidents in West Midlands, UK. *Accid Anal Prev*. 2011;43(1):284-9.
- Andrey J, Olley R. The relationship between weather and road safety: Past and future research directions. *Climatol Bull*. 1990;24:123-7.
- Andrey J, Uagar S. A temporal analysis of rain-related crash risk. *Accid Anal Prev*. 1993;25:465-72.
- Andrey J, Mills B, Leahy Mike, Suggett J. Weather as a Chronic Hazard for Road Transportation in Canadian Cities. *Natural Hazards* 2006;28:319-43.
- Andrey J, Mills B, Vandermolen J. Temporal analysis of weather-related collision risk for Ottawa, Canada:1990-1998. presented at Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C, 2003.
- Andrey J. Long-term trends in weather-related crash risks. *Journal of Transport Geography* 2010;18:247-58.
- Bertness J. Rain related impacts on selected transportation activities and utility services in the Chicago area. *J Appl Meteorol*. 1980;19:545-56.
- Bhattacharyya T, Millham FH. Relationship between weather and seasonal factors and trauma admission volume at a Level I trauma center. *J Trauma*. 2001;51(1):118-22.
- Brodsky H, Hakkert S. Risk of a road accident in rainy weather. *Accid Anal*

- Prev. 1988;20:161-76.
- Brown B, Baass K. Seasonal variation in Frequencies and rates of highway crashes as function of severity. In Transportation Research Record 1581, TRB, National Research Council, Washington D.C, 1997, pp.59-65.
- Eisenberg D. The mixed effects of precipitation on traffic crashes. *Accid Anal Prev.* 2004;36(4):637-47.
- Eisenberg D, Warner KE. Effects of snowfalls on motor vehicle collisions, injuries, and fatalities. *Am J Public Health.* 2005;95(1):120-4.
- Figueiras A, Cadarso-Suarez C, Application of nonparametric models for calculating the odds ratios and their confidence intervals for continuous exposures. *Am J Epidemiol.* 2001;154(3):264-75.
- Rfidstrom L, Liver J, Ingebrigtsen S, Kulmala R, Thomsen L. Measuring the contribution of randomness, exposure, weather and daylight to the variation in road accident counts. *Accid Anal Prev.* 1995;27(1):1-20.
- Gill M, Goldacre MJ. Seasonal variation in hospital admission for road traffic injuries in England: analysis of hospital statistics. *Inj Prev.* 2009 ;15(6):374-8.
- Hastie T, Tibshirani R. Generalized Additive Models. *Statistical Science.* 1986;1(3):297-318.
- Jung S, Qin X, Noyce DA. Rainfall effect on single-vehicle crash severities using polychotomous response models. *Accid Anal Prev.* 2010 ;42(1):213-24.
- Keay K, Simmonds I. The association of rainfall and other weather variables with road traffic volume in Melbourne, Australia. *Accid Anal Prev.* 2005 ;37(1):109-24.
- Keay K, Simmonds I. Road accidents and rainfall in a large Australian city. *Accid Anal Prev.* 2006;38(3):445-54.
- Kim S-Y, Lee J-T, Hong Y-C, Ahn K-J, Kim H, "Determining the threshold effect of ozone on daily mortality: An analysis of ozone and mortality in

- Seoul, Korea, 1995-1999" *Environmental Research* 2004;94(2):113-9.
- Kim Y, Kim H, Shin SD, Hong YC. Different influence of outdoor temperature on traumatic and non-traumatic injuries. *J Trauma Acute care surg* 2012;73(4):944-9.
- Lim Y-H, Hong Y-C, Kim H "Effects of Diurnal Temperature Range on Cardiovascular and Respiratory Hospital Admissions in Korea" *Science of the Total Environment* 2012;15:55-60.
- Mills BN, Andrey J, Hambly D. Analysis of precipitation-related motor vehicle collision and injury risk using insurance and police record information for Winnipeg, Canada. *J Safety Res.* 2011;42(5):383-90.
- MorganA, ManneringFL. Theeffects of road-surface conditions, age, and gender on driver-injury severities. *Accid Anal Prev.* 2011 ;43(5):1852-63.
- Norman J, Eriksson M, Lindqvist S. Relations between traffic accidents on slippery roads and winter road maintenance. *Climate Research.* 2000;15:185-93.
- OECD. OECD Factbook 2011-2012. Available from: URL: [http://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-factbook-2011-2012\\_factbook-2011-en](http://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-factbook-2011-2012_factbook-2011-en)
- Parsons N, Odumenya M ,Edwards A, Lecky F, Pattison G. Modelling the effects of the weather on admissions to UK trauma units: a cross-sectional study. *Emerg Med J.* 2011;28(10):851-5.
- Sherretz L, Farhar B. An analyss of the relationship between rainfall and the occurrence of traffic accidents. *J Appl Meteorol.* 1978;10:711-5.
- Qiu L, Nixon WA. Effects of adverse weather on traffic crashes: systematic review and meta-analysis. *Transportation Research Record* 2008;2055:139-46.

## **Abstract**

### **Epidemiologic research of weather and injuries from traffic accident**

**(Directed by prof. Hyesook Park, MD., PhD.)**

Won Kyung, Lee

Department of Medicine

The Graduate School of

Ewha Womans University

**Background & Object :** Inclement weather is known to be a risk factor of traffic accidents. However, effects of rain and snow are complex and some of them have not been evaluated sufficiently. The objective of this study is to evaluate effects of separate and combined meteorological factors on the injuries from traffic accidents.

**Materials & Methods :** Weather data were from Korea Meteorological Office in 2007~2011. Daily frequency of injuries from traffic accidents was substracted from the integrated database built by Korea Road Traffic Authority. In generalized additive model, daily mean temperature, temperature difference from yesterday, barometric pressure, and long-term trend were used as continuous variables with smoothing spline. Categorical variables including precipitation, snow depth, fog, holiday, the day of the week were included the model. Further analysis was performed using Piecewise linear regression, if it was appropriate,

**Results :** Daily mean frequencies of injuries in spring, summer, fall, and winter were 714, 729, 766, and 706, respectively. October showed the highest incidence of total injuries from traffic accidents. In winter, mean temperature had the threshold of

-5.8°C. If temperature goes less than -5.8°C, the injury frequency goes up by 1.99% per 1°C decrease. The effect of temperature was minimal in spring and summer. Heavy rain was associated with 10% increase of injuries on road. Moreover, snow would increase total injuries by 8~10%. Effects of rain and snow were strengthened when it rained after spells, or it snowed with cold wave.

**Discussion & Conclusions :** The meteorological factors have complex effects on injuries from accidents. It also depends on the types of traffic accidents. Male drivers, young drivers, in-car traffic accidents had bigger effect of inclement weather. These results can be used for warning system and behavioral education to high risk groups.

**Keywords :** Accidents, traffic, weather, temperature, precipitation, snow