보건교육건강증진학회지 제35권 제3호(2018. 9) pp.15-24
Korean J Health Educ Promot, Vol.35, No.3 (2018)
https://doi.org/10.14367/kjhep.2018.35.3.15

시군구 단위 자전거 헬멧 착용률과 자전거 사고율의 연관성

김장락
경상대학교 의과대학 예방의학교실 및 건강과학연구원

Associations between bicycle helmet use rate and cyclist accident indices at the municipal level

Jang-Rak Kim
Department of Preventive Medicine, College of Medicine and Institute of Health Sciences, Gyeongsang National University

Objectives: The aim of this ecological study was to identify the associations between bicycle helmet use rate and cyclist accident indices. **Methods:** Correlation analyses were done using secondary data downloaded from population census (2010 and 2015) from Statistics Korea, community health surveys from Korea Center for Disease Control, and Traffic Accidents Analysis System from Korea Road Traffic Authority. Spearman's correlation coefficients (r_s) were obtained between average bicycle helmet use rate (2010, 2011, 2013, 2014) and annual cyclist accident indices per 100,000 bicycle population (2010-2014) such as cyclist accident rate, cyclist mortality rate, cyclist injury rate, cyclist serious injury rate, cyclist moderate injury rate, and cyclist minor injury rate at the municipal level of si, gun, and gu (n=217). Spearman's partial correlation analyses to control for proportion (%) of population aged ≥ 65, and stratified analyses by quartiles of it were also performed. **Results:** Spearman's correlation coefficient and partial correlation coefficient were -0.448 ($p<0.01$) and -0.147 ($p<0.05$), respectively, between bicycle helmet use rate and cyclist mortality rate. In the stratified analysis, the negative association was maintained where the proportion of population aged ≥ 65 was between 10.9 and 14.7%. Spearman's correlation coefficient and partial correlation coefficient were 0.328 ($p<0.01$) and 0.166 ($p<0.05$), respectively, between bicycle helmet use rate and cyclist minor injury rate. **Conclusions:** Local government should implement cycling road safety measures including campaigns to promote helmet use.

Key words: cyclist accident, Traffic Accidents Analysis System (TAAS), Korea

Ⅰ. 서론

체계적 문헌 검토를 한 선행연구(Oja et al., 2011)에 따르면 자전거 타기는 청년기에는 심폐기능의 향상, 성인기에서 노년기에는 사망, 암으로 인한 사망, 그리고 암 발생의 예방과 같은 건강 이점이 있다. 자전거 타기는 중, 저소득 국가에서는 값싸고 효율적인 교통수단, 선진국에서는 흔한 여가 활동으로서 지구 온난화에 대한 높아진 관심에 따라 그 인기가 증가하고 있지만 자전거 타기에 따른 두부 손상은 병원 입원과 사망을 심각하게 높인다(Ivers, 2007). 우리나라의 2007년부터 2016년까지 10년간 추세를 보면 자전거 사고의 연간 발생건수와 부상자수는 2015년까지 지속적으로 증가하였다. 연간 300명 내외의 사망자수는 2010년 이후 약간 감소 추세로 2016년은 258명이었다(Korea Road Traffic Authority, 2017). 자전거 타기가 활성화된 덴마크에서는 자전거 운전자의 비율이 모든 교통사고 사망자의 17%, 네덜란드에서는 24%일 정도로 높다(European Commission, 2015). 그러나 국민 1인당 연간 자전거 이용 km 당 사망자수로 환산하면 네덜란드와 덴마크가 유럽의 다른 나라나 미국보다 더 낮다(Crist & Baik, 2013). 이것은 Smeed 법칙으로 알려진 '수가 늘어날수록 안전해지는 현상(safety in numbers)'(Robinson, 2005)을 반

Corresponding author : Jang-Rak Kim
Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Gyeongsang National University, 15, Jinju-daero 816beon-gil, Jinju-si, Gyeongsangnam-do, 52727, Republic of Korea
주소: (52727) 경상남도 진주시 진주대로 816번길 15 경상대학교 의과대학 예방의학교실,
Tel: +82-55-772-8092, Fax: +82-55-772-8099, E-mail: jrkim@gnu.ac.kr
• Received: May 29, 2018 • Revised: July 12, 2018 • Accepted: July 31, 2018

영한다.

자전거 사고로 인한 사망은 주로 두부 손상을 동반하기 때문에 사망을 예방하기 위해서는 사고로부터 두부를 보호하는 장비인 헬멧을 자전거 운전자가 착용하는 것이 권장된다(Nicaj et al., 2006). 개인 수준의 연구에 대한 메타분석 결과 자전거 헬멧착용은 사고 시 두부 손상 및 사망을 유의하게 예방한다(Attewell, Glase, & McFadden, 2001; Olivier & Creighton, 2017). 우리나라 연구에서도 응급실에 온 자전거 사고 손상 환자의 전체 헬멧착용률은 7%인데 비해 두부손상 사망 환자의 경우 0%라고 하여 자전거 운전자들의 보호 장구 착용이 사망과 연관이 있음을 시사하고 있다(Kang et al., 2017). 이와 같이 개인수준의 연관성이 명확할 때, 특히, 손상 역학 분야에서는 생태학적 연구(ecological study)로 집단 수준의 연관성을 평가함으로써 공중보건학적 영향력을 판단하는 것이 중요하다(Stevenson & McClure, 2005). 예를 들면, 개인 수준의 연구에서 헬멧착용은 '조심성'과 '위험감수'와 같은 요인에 의해 교란될 수 있지만, 생태학적 연구에서 헬멧착용의 법적 의무화는 그렇지 않은 이점이 있다(Loney & Nagelkerke, 2014). 생태학적 연구(ecological study)의 하나인 경시적 연구(time series study)에서는 헬멧착용의 효과에 대한 연구결과가 상반된다. Macpherson과 Spinks (2008)의 체계적 고찰에서는 자전거 헬멧 착용의무법 시행 이후 헬멧착용은 증가하고 자전거 사고 시의 두부 손상은 감소하였다. 다른 경시적 연구(Robinson, 1996)에서는 자전거 헬멧의 착용 의무화 이후 헬멧착용은 증가하지만 심각한 두부 손상 비율은 약간만 감소하였다. 이마저도 자동차 사고에서의 유사한 경향으로 볼 때 자전거 헬멧착용이 아닌 다른 도로 교통안전 조치의 도입으로 초래되었을 것으로 해석되었다.

우리나라 자전거 사고 통계에 따르면 전체 교통사고에서 자전거 사고가 차지하는 점유율은 평균 5.4%이지만 시군구로 보면 최저 0.4%에서 최고 13.4%로 편차가 매우 컸다(Korea Road Traffic Authority, 2014). 이와 같은 지역 간 변이의 개인적 또는 환경적 연관 요인을 찾으면 자전거 사고의 예방 대책을 강구할 수 있겠지만 이 주제에 대한 실증적 연구는 찾아보기 힘들다. 다만, 자전거 사고로 일개 응급실을 방문한 환자 대상의 연구(Lim, Park, Cho, Yang, & Lee, 2016), 자전거 사고가 발생한 도로 특성을 분석하여 대책을 제안한 연구(Oh, Kim, & Ji, 2007), 또는 선진국의 자전거 안전 개선 대책을 소개하는 연구(Crist & Baik, 2013)에 그치고 있다.

이에 이 연구는 자전거 사고 사망 예방에 효과적으로 알려진 자전거 헬멧 착용이 실제로 우리나라의 지역 수준에서 자전거 사망 감소에 기여하는지 시군구 단위의 생태학적 연구로 살펴봄으로써 안전한 자전거 타기의 대책을 마련하는 데 필요한 근거를 제공하고자 한다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 자료 및 변수의 정의

이 연구는 자전거 헬멧착용률과 자전거 인구 10만 명 당 연간 자전거사고율(사고 발생률, 사망률, 부상률, 중상률, 경상률, 부상신고율)의 연관성을 시군구 단위에서 분석한 생태학적연구(ecological study)이다. 분석은 세 가지 자료원으로부터 얻은 2차 자료를 사용하여 수행하였다. 전국 시군구 별 인구수 및 65세 이상 노인인구 비율은 통계청 인구총조사 자료(http://kosis.kr/search/search.do)에서 구하였다. 시군구 별 자전거인구 비율과 헬멧착용률은 질병관리본부 지역사회 건강조사 홈페이지(https://chs.cdc.go.kr/chs/index.do)의 지역사회 건강통계 자료를 시군구 별 및 연도별로 각각 다운로드 받아서 산출하였다. 여기서 확인 가능한 자료는 시군구 별 19세 이상 성인의 2010년, 2011년, 2013년, 2014년 자전거인구비율과 자전거 헬멧착용률이었다. 2012년 자전거인구 비율과 헬멧착용률은 그 해의 지표 산출을 위한 지역사회 건강조사 항목에서 제외되었기 때문에 구할 수 없었다. 따라서 시군구 별 자전거인구 비율과 헬멧착용률은 4개 연도의 산술 평균을 사용하였다. 지역사회 건강조사에서 자전거 인구는 '자전거를 탑니까?'라는 질문에 '예'라고 대답하는 경우로 하고, 헬멧착용은 '자전거를 탈 때 헬멧을 착용합니까?'라는 질문에 '항상 착용한다.'에 응답한 경우로 정의하고 있다.

시군구 별 자전거 인구 10만 명 당 연간 자전거사고율의 분자는 도로교통공단이 운영하는 온라인 교통사고분석시스템(이하 TAAS, Traffic Accidents Analysis System)의 자전거 운전자가 가해 또는 피해자인 교통사고 발생건수, 사망자수, 부상자수, 중상자수, 경상자수, 그리고 부상신고자수의 시군구 별 2010년, 2011년, 2012년, 2013년, 2014

년 자료(http://taas.koroad.or.kr/sta/acs/exs/typical.do?menuId=WEB_KMP_OVT_UAS_PDS)를 다운로드 받아 5개년의 산출평균으로 각각 구하였다. TAAS 자료는 도로교통공단에서 수집·관리 중인 경찰 신고 교통사고 데이터와 보험사 및 공제조합 등에서 처리된 교통사고를 통합한 데이터를 기초로 하고 있다. 자전거사고율의 분모는 인구총조사의 2010년과 2015년 시군구 인구수를 평균한 값에 앞에서 설명한 시군구 별 자전거인구비율을 곱하여 산출하였다. 자전거인구 10만 명 당 연간 자전거사고율은 앞에서 정의한 자전거사고율의 분자를 자전거사고율의 분모로 나눈 다음 10만을 곱한 값이다.

TAAS 시스템에서 자전거 사고의 정의는 다음과 같다. 자전거 교통사고는 가해운전자 또는 피해운전자가 자전거 운전자인 경우로, “사망”이란 교통사고 발생 시로부터 30일 이내에 사망한 경우, “중상”이란 교통사고로 인하여 3주 이상의 치료를 요하는 부상을 입은 경우, “경상”이란 교통사고로 인하여 5일 이상 3주 미만의 치료를 요하는 부상을 입은 경우, “부상신고”란 교통사고로 인하여 5일 미만의 치료를 요하는 부상을 입은 경우를 말한다. 각 연도의 부상자수는 중상자수, 경상자수, 그리고 부상신고자수의 합과 같다 (Korea Road Traffic Authority, 2017).

2. 통계처리

통계청의 인구총조사, 지역사회 건강조사 자료, 그리고 TAAS의 세 자료원로부터 필요한 자료를 추출한 다음 시군구를 기준으로 연결하여 한 자료로 통합하였다. 여러 개의 구로 이루어진 시의 경우 TAAS 자료는 특별시와 광역시는 구 단위, 그 외는 시 단위로 정리되어 있다. 반면에 지역사회 건강조사 자료는 특별시와 광역시는 구 단위, 그 외 시 중에서도 구가 있는 경우 구단위로 정리되어 있다. 따라서 자료 분석은 TAAS 자료를 이용할 수 있도록 특별시와 광역시는 구를 기준으로 하고, 그 외의 시는 구가 있는 경우에도 전체 시를 기준으로 하였다. 이를 위해 전체 시의 자전거 인구 비율은 구별 조사 표본수에 대한 가중평균값, 헬멧착용률은 자전거인구 비율에 대한 가중평균값으로 구하였다. 자료 분석 대상 기간 동안 시가 신설되거나 통폐합된 세종시, 연기군, 마산시, 진해시와 TAAS 시스템에 자료가 없는 울릉군은 분석에서 제외하여서 분석 대상 시군구는 230개였다. 그러나 연구 대상 기간 중 산술 평균을 산출하는 데 필요한 자료가 어느 하나라도 누락되는 경우가 제외되어 최종 자료 분석 대상 시군구는 217개였다.

시군구의 평균 자전거 헬멧착용률(2010, 2011, 2013, 2014년)과 같은 지역의 자전거인구 10만 명 당 평균 연간 자전거사고율(2010-2014년)의 연관성은 상관계수로써 분석하였다. 예비 분석에서 시군구 별 노인인구의 비율은 자전거사고 사망률과 양의 상관관계가 있고 자전거 헬멧착용률과는 음의 상관관계가 있어 자전거 헬멧착용률과 자전거사고율의 상관분석에서 교란변수로 작용할 수 있다. 따라서 시군구 별 65세 이상 인구 비율을 통제하기 위하여 자전거 헬멧착용률과 자전거사고율 간의 연관성은 편상관분석도 실시하였다. 또 65세 인구 비율에 따라 시군구를 4분위로 나누어 각 분위별로 상관분석을 하였다. 자전거사고율 지표와 자전거 헬멧착용률은 정규분포보다는 오른쪽으로 치우친 분포(Table 1)를 보여서 상관분석에서는 비모수검정 방법인 스피어만 상관계수(Spearman’s correlation coefficient, r_s)를 구하였다. 모든 통계처리는 윈도용 SPSS 21판(IBM Corporation, 2012)을 이용하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 시군구 단위 자전거사고율, 자전거인구 비율, 그리고 자전거 헬멧착용률의 기술통계

분석 대상 217개 시군구의 5년간(2010-2014년) 연간 자전거사고율(자전거인구 10만 명 당), 4년간(2010, 2011, 2013, 2014년) 시군구의 자전거인구의 비율, 그리고 4년간(2010, 2011, 2013, 2014년) 자전거 헬멧착용률의 중앙값, 평균값 및 표준편차, 최솟값 및 최댓값 분포는 <Table 1>과 같았다. 최솟값과 최댓값을 볼 때 제시된 변수들은 비교적 넓게 분포하고 있으며, 자전거인구비율을 제외하고는 모두 평균값과 중앙값의 차이가 컸으며, 왜도 값은 1보다 컸다<Table 1>.

<Table 1> Descriptive statistics of annual cyclist accident indices, proportion of bicycle population, and bicycle helmet use rate at the municipal level

N=217

	Median	Mean	Standard deviation	Min.	Max.	Skewness
Cyclist accident rate(per 100,000 bicycle population)[1]	118.9	125.9	61.0	28.5	517.8	1.9
Cyclist mortality rate(per 100,000 bicycle population)[1]	3.1	4.3	3.6	0.0	21.8	1.5
Cyclist injury rate(per 100,000 bicycle population)[1]	119.3	127.1	63.4	26.4	531.8	1.9
Cyclist serious injury rate(per 100,000 bicycle population)[1]	56.1	56.7	25.6	12.8	216.7	1.6
Cyclist moderate injury rate(per 100,000 bicycle population)[1]	51.5	60.9	36.6	7.7	258.4	1.7
Cyclist minor injury rate(per 100,000 bicycle population)[1]	7.0	9.5	9.9	0.0	56.7	2.1
Proportion of bicycle population(%)[2]	21.5	21.8	6.9	5.3	45.6	0.3
Bicycle helmet use rate(%)[2]	4.7	5.2	4.2	0.3	49.1	5.8

[1] 5years(2010-2014)
[2] 4 years(2010, 2011, 2013, 2014)

2. 시군구 단위 자전거 헬멧 착용률과 자전거 사고율의 연관성(상관분석 및 편상관분석)

4년간(2010, 2011, 2013, 2014년) 시군구의 자전거 헬멧 착용률과 5년간(2010-2014년) 연간 자전거사고율(자전거 인구 10만 명 당) 사이의 스피어만 상관계수(r_s)를 <Table 2>에서 제시하였다. 자전거 헬멧착용률은 사망률, 중상률, 그리고 부상신고율과의 스피어만 상관계수가 각각 -0.448, -0.183, 0.328로 유의한 연관성이 있었다<Table 2>.

<Table 2> Spearman's correlation coefficients between bicycle helmet use rate and annual cyclist accident indices at the municipal level

N=217

Annual cyclist accident indices (per 100,000 bicycle population)	r_s	p value
Cyclist accident rate	-0.027	.692
Cyclist mortality rate	-0.448	.000
Cyclist injury rate	0.011	.871
Cyclist serious injury rate	-0.183	.007
Cyclist moderate injury rate	0.086	.207
Cyclist minor injury rate	0.328	.000

시군구의 65세 이상 인구비율과 4년간(2010, 2011, 2013, 2014년) 자전거 헬멧착용률 및 5년간(2010-2014년) 연간 자전거사고율(자전거인구 10만 명 당)과 사이의 스피어만 상관계수(r_s)를 <Table 3>에서 제시하였다. 65세 이상 인구 비율은 헬멧착용률, 사망률, 중상률, 경상률, 그리고 부상신고율과의 스피어만 상관계수가 각각 -0.672, 0.530, 0.176, -0.142, -0.314로 유의한 연관성이 있었다<Table 3>.

<Table 3> Spearman's correlation coefficient between proportion of the old and bicycle helmet use rate and annual cyclist accident indices at the municipal level

N=217

Bicycle helmet use rate and annual cyclist accident indices	r_s	p value
Bicycle helmet use rate(%)	-0.672	.000
Cyclist accident rate(per 100,000 bicycle population)	0.005	.945
Cyclist mortality rate(per 100,000 bicycle population)	0.530	.000
Cyclist injury rate(per 100,000 bicycle population)	-0.038	.582
Cyclist serious injury rate(per 100,000 bicycle population)	0.176	.009
Cyclist moderate injury rate(per 100,000 bicycle population)	-0.142	.037
cyclist minor injury rate(per 100,000 bicycle population)	-0.314	.000

시군구의 65세 이상 인구비율을 통제한 후 5년간(2010-2014년) 연간 자전거사고율(자전거인구 10만 명 당)과 4년간(2010, 2011, 2013, 2014년) 자전거 헬멧착용률 사이의 스피어만 편상관계수(r_s)를 <Table 4>에서 제시하였다. 자전거 헬멧착용률은 사망률과 부상신고율과의 상관계수가 각각 -0.147, 0.166으로 유의한 연관성이 있었다<Table 4>.

<Table 4> Spearman's partial correlation coefficients between bicycle helmet use and annual cyclist accident indices controlled for proportion of the old at the municipal level

N=217

Annual cyclist accident indices (per 100,000 bicycle population)	r_s	p value
Cyclist accident rate	-0.032	.637
Cyclist mortality rate	-0.147	.031
Cyclist injury rate	-0.019	.778
Cyclist serious injury rate	-0.088	.195
Cyclist moderate injury rate	-0.013	.854
Cyclist minor injury rate	0.166	.015

3. 시군구의 65세 이상 인구비율 사분위 별 자전거 헬멧 착용률과 자전거 사고율의 연관성

시군구의 65세 이상 인구비율 사분위 별 5년간(2010-2014년) 연간 자전거사고율(자전거인구 10만 명 당)과 4년간(2010, 2011, 2013, 2014년) 자전거 헬멧착용률 사이의 스피어만 상관계수(r_s)를 <Table 5>에서 제시하였다. 2사분위 시군구에서는 자전거 헬멧착용률이 사망률 및 부상 신고율과 상관계수가 각각 -0.323, 0.423로 유의한 연관성이 있었다. 1사분위, 3사분위, 그리고 4사분위 시군구에서는 자전거 헬멧착용률이 자전거사고율과 유의한 상관관계가 있는 경우가 없었다<Table 5>.

<Table 5> Spearman's correlation coefficient between bicycle helmet use and annual cyclist accident indices by quartiles of proportion of the old at the municipal level

Quartiles	Annual cyclist accident indices (per 100,000 bicycle population)	r_s	p value
Q1 (n=54)[a]	Cyclist accident rate	-0.108	.435
	Cyclist mortality rate	-0.188	.174
	Cyclist injury rate	-0.107	.441
	Cyclist serious injury rate	-0.052	.709
	Cyclist moderate injury rate	-0.143	.302
	Cyclist minor injury rate	0.057	.681
Q2 (n=54)[b]	Cyclist accident rate	0.102	.461
	Cyclist mortality rate	-0.323	.017
	Cyclist injury rate	0.137	.323
	Cyclist serious injury rate	-0.129	.354
	Cyclist moderate injury rate	0.136	.328
	Cyclist minor injury rate	0.423	.001
Q3 (n=55)[c]	Cyclist accident rate	-0.201	.142
	Cyclist mortality rate	-0.175	.200
	Cyclist injury rate	-0.212	.121
	Cyclist serious injury rate	-0.185	.175
	Cyclist moderate injury rate	-0.211	.122
	Cyclist minor injury rate	-0.012	.933
Q4 (n=54)[d]	Cyclist accident rate	-0.038	.783
	Cyclist mortality rate	-0.119	.390
	Cyclist injury rate	-0.047	.736
	Cyclist serious injury rate	-0.166	.231
	Cyclist moderate injury rate	0.108	.436
	Cyclist minor injury rate	-0.021	.880

[a]: Proportion of population (average of 2010 and 2015) aged ≥ 65 (<10.86%)
[b]: Proportion of population (average of 2010 and 2015) aged ≥ 65 (10.86 – 14.69%)
[c]: Proportion of population (average of 2010 and 2015) aged ≥ 65 (14.69 – 25.04%)
[d]: Proportion of population (average of 2010 and 2015) aged ≥ 65 (≥25.04%)

Ⅳ. 논의

우리나라의 217개 시군구를 분석 대상으로 한 이 생태학적 연구 결과 시군구의 자전거 헬멧착용률은 그 지역의 자전거사고율 중 사망률, 중상률, 그리고 부상신고율과 유의한 연관성이 있었다. 시군구의 노인 인구비율을 통제하여도 시군구의 자전거 헬멧착용률은 그 지역의 자전거사고 사망률과 유의한 음의 상관관계, 부상신고율과는 유의한 양의 상관관계가 있었다. 층화분석에서도 노인인구 비율이 2사분위(노인인구 비율이 10.9-14.7%)에 속하는 54개

의 시군구에서 자전거 헬멧착용률과 자전거사고 사망률 및 부상신고율과의 유의한 연관성이 유지되어 자전거 헬멧착용률이 높을수록 그 지역의 자전거사고 사망률은 감소하고, 부상신고율은 증가함을 제시하고 있다.

일반적으로 교통사고 연구에서 경찰 신고 자료는 경상인 경우 과소보고 경향이 높지만 사망 및 중상의 보고는 신뢰성이 매우 높다(Hewson, 2005). 이 연구가 율의 계산에서 분자로 사용한 TAAS 자료는 우리나라 도로교통공단에서 수집·관리하는 경찰 신고 교통사고와 보험사 및 공제조합 등에서 처리된 교통사고를 통합한 데이터를 기초로 하고 있어 이러한 과소보고의 단점을 보완하고 있다(TAAS, 2017). 이 연구에서는 종속변수는 TAAS 자료가 제시하는 시군구의 연간 자전거사고 건수 대신 자전거인구 10만 명 당 연간 자전거사고율로 하였다. 지역의 절대인구수가 아닌 자전거인구수를 분모로 사고율을 산출한 것은 자전거 교통사고의 증감은 자전거인구를 기준으로 판단하는 것이 바람직하기(Hong & Kim, 2010) 때문이다. 더 많은 사람들이 걷거나 자전거를 탄다면 자동차 운전자는 더욱 주의하기 때문에 오히려 사고가 줄 수도 있다는 연구(Jacobsen, 2003)는 이에 대한 반론이 될 수 있다. 이 연구에서는 지역의 자전거인구 비율은 지역의 인구 당 사고율과 유의한 양의 상관관계(자료는 미제시)를 보이기 때문에 자전거인구를 분모로 하여 보정하는 것이 더 타당하다고 하겠다.

연구변수인 자전거 헬멧착용률은 시군구의 2010-2014년 사이(2012년 제외) 지역사회 건강조사 측정값의 산출평균을 사용하였다. 자전거 헬멧착용률은 표본 조사이기 때문에 생기는 표본 오차의 존재 및 헬멧착용이라는 변수의 정의 상 모호함(이 연구에서는 항상 착용하는 경우만 헬멧착용으로 정의함) 등으로 측정의 타당도가 제한된다고 할 수 있다. 이에 4년간의 산출평균을 사용함으로써 측정의 신뢰도를 높이고자 하였다. 종속 변수인 자전거사고율과 무관한 방향으로 발생할 수 있는 이러한 연구변수에서의 측정오차(비차별적 오분류, non-differential misclassification)는 결과에서의 연관성 크기를 줄이는 방향의 바이어스로 작용할 수 있다. 그럼에도 불구하고 나타난 이 연구결과의 유의한 연관성은 실제로는 더 큰 연관성을 반영한다고 볼 수 있다.

이 연구에서는 잠재적인 교란변수로 작용할 수 있는 시군구 별 65세 이상 인구 비율을 통제한 편상관분석과 노인 인구 비율에 따른 층화분석을 수행하여 연구의 타당도를 높이고자 하였다. 실제 이 연구의 자료에서 시군구의 65세 이상 인구 비율은 그 지역의 자전거 사고 사망률과는 양의 상관관계, 자전거 헬멧착용률과는 음의 상관관계가 뚜렷하였다<Table 3>. 하지만 교란변수의 통제만으로 생태학적 연구 결과가 개인 수준의 연구에서도 유지된다는 보장은 없는데, 집단수준의 분석에 근거하여 개인수준의 연관성에 대해 내리는 결론은 생태학적 오류(ecological fallacy)일 수 있기(Kelsey, Whittemore, Evans, & Thompson, 1996) 때문이다. 이 연구의 목적은 개인대상의 역학적 연구에서 자전거 사고로 인한 두부 손상 및 사망을 명확하게 예방(Attewell, Glase, & McFadden, 2001; Olivier & Creighton, 2017)하는 자전거 헬멧 착용이 실제 지역 수준에서 공중보건학적 영향력이 있는지 파악하기 위한 것이다. 이 경우 변수의 측정, 분석, 그리고 해석이 모두 집단 수준에서 이루어지고 자료원을 신뢰할 수 있다면 생태학적 오류의 문제는 최소화된다(Stevenson & McClure, 2005). Macpherson과 Spinks (2008)의 체계적 고찰에 포함된 3편의 북미 지역의 경시적인 생태학적 연구에서도 자전거 헬멧 의무착용법 시행이 헬멧착용의 증가와 자전거사고 시의 두부 손상의 감소를 가져왔다고 한다. 국제 교통 포럼 도로안전 연간 보고서에서도 유럽의 1990-2011년 사이 자전거 사고 사망자 감소가 자전거 헬멧 의무착용법이 있는 국가에서 더 두드러졌음 제시하고 있다(European Commission, 2015).

이 연구 결과는 일차적으로 개인의 자전거 헬멧착용이 그 지역의 자전거사고 사망을 예방하는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 인과관계는 자전거 헬멧착용률이 자전거사고 지표 중 특히 사망률과 뚜렷한 유의한 연관성을 나타내는 특이성(specificity)으로 뒷받침된다. 생태학적 오류의 가능성을 고려하면 자전거 헬멧착용의 증가와 자전거 사망의 감소 및 부상 신고 증가 현상에 공통적으로 기여하는 시군구의 다른 특성 때문일 수 있다. 이는 단순히 지역의 높은 사회경제적 환경일 수도 있고 자전거를 안전하게 탈 수 있도록 하는 지방자치단체의 노력과 투자(예를 들면, 자전거 헬멧착용을 지원하는 조례 제정과 같은 자전거 타기의 안전성을 제고하는 정책의 실시, 자전거 안전하게 타기 캠페인 및 교육과 같은 시민들의 자전거 사고에 대한 인식 증가를 위한 노력, 그리고 자전거 전용 도로의 확

충과 자전거 연결도로의 완전성 제고와 같은 치명적인 자전거 사고를 예방하는 인프라 구축)일 수도 있다. 특히, 자전거와 자동차를 분리하는 것이 매우 중요(Rivara, Thompson, & Thompson, 2015)하지만 2016년 현재 우리나라 자전거도로 중 13%만이 자전거 전용이고, 77%는 자전거 보행자 겸용, 그리고 10%는 차도에 선만 그어 놓아 자동차도 다닐 수 있는 자전거·자동차 겸용 도로(Ministry of the Interior and Safety, 2018)로 매우 위험한 실정이다. 실제로 자전거 헬멧착용률이 높은 시군구에서 자전거 사고 안전 대책이 더 잘 시행되고 있는지에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다. 층화분석에서 노인인구 비율 2사분위(노인인구 10.9-14.7%) 지역(54개 중 50개가 시 지역)에서만 유의성이 뚜렷하게 관찰되는 현상도 연구 과제라 할 수 있다. 이들 시군구의 특성 중 하나로 생각해 볼 수 있는 것은 우리나라 건강도시협의회가 인증하는 건강도시 가입 여부이다. 왜냐하면 건강도시협의회는 공통정책으로 '자전거타기 좋은 도시 만들기'라는 환경 및 정책적 접근을 추진(Korea Healthy Cities Partnership, 2018)하고 있기 때문이다. 실제로 이 연구의 대상인 217개 시군구 중 84개가 인증을 받은 건강도시(Korea Healthy Cities Partnership, 2018)여서 가입률이 37.8%인데 비하여 노인인구 비율 2사분위 지역 54개(31개 가입)의 가입률이 57.4%로 훨씬 높다.

노인의 경우 교통 사고 및 사망 위험이 높은 것은 자전거 사망자 분석에서 공통적으로 나타나는 현상(European Commission, 2015; Korea Road Traffic Authority, 2017)으로 이 연구에서도 마찬가지였다. 그런데 이 연구에서는 노인인구 비율이 14.7% 이상으로 상대적으로 노인 인구가 많은 시군구(109개 이 중 72개가 군 지역)의 경우 자전거 헬멧착용률과 자전거 사망률의 연관성이 유의하게 관찰되지 않았다. 노인인구 비율이 높은 시군구는 행정구역상 주로 군 지역이 많이 포함되어 있어 자전거 사고의 위험 요인으로 알려진 낮은 사회경제적 상태 및 자전거 타기에 좋지 않은 도로 환경(Embree et al., 2016)의 위험이 상대적으로 더 크기 때문에 자전거 헬멧 착용의 효과가 낮은 것으로 추측할 수도 있다. 따라서 인구 요인과 함께 이와 같은 요인을 고려하여 이들 지역에 적합한 자전거 사고 예방 대책을 세우는 것이 필요하다.

반면, 이 연구와 다른 결과를 보이는 경시적인 생태학적 연구도 있는데, 오스트레일리아(Robinson, 1996), 영국(Hewson, 2005), 그리고 캐나다 연구(Dennis, Ramsay, Turgeon, & Zarychanski, 2013)에서는 자전거 헬멧착용이 집단 수준에서의 자전거사고로 인한 사망을 감소시킨다고 할 근거가 부족하다고 하였다. 개인 수준의 연구 결과에서 입증된 자전거 헬멧의 효과가 경시적인 생태학적 연구에서 나타나지 않는 것은 개인수준의 여러 위험요인을 고려하지 못한 데 따른 생태학적 오류(Hewson, 2005)나 자전거 헬멧 착용의 효과가 집단 수준에서 효과가 나타날 만큼 강하지 않기 때문(Goldacre & Spiegelhalter, 2013)으로 설명된다. 심지어 헬멧착용을 의무화하는 법적 조치는 오히려 헬멧 같은 장비 없이 자전거를 느리게 타는 전통적인 자전거인구 자체를 감소시키는 문제가 있다. 그럼에도 불구하고 자전거 헬멧 착용 촉진 정책이 여전히 인기 있는 것은 위험 논란에 대한 문화적, 심리학적, 그리고 정치적 측면 때문이라고 한다(Goldacre & Spiegelhalter, 2013).

앞에서 언급한 대로 경찰청 신고 자료의 단점과 생태학적 연구 디자인이 가지는 한계는 이 연구의 제한점이라 할 수 있다. 자료원의 특성으로 인해 자전거 인구 및 헬멧 착용률은 19세 이상 성인이 대상이고 자전거 사고(발생, 사망, 부상, 중상, 경상, 그리고 부상신고)의 수는 모든 연령 대상으로 하였기 때문에 발생하는 자료 간 대상 인구의 불일치와 자전거 인구 당 사고율을 산출하기 위한 분모(2010년과 2015년의 인구총조사 자료)와 분자(2010-2104년 사고) 간의 대상 연도의 불일치는 다른 제한점이다. 하지만 이 연구의 목적이 성인의 자전거 헬멧 착용의 효과라기보다는 그것으로 대별되는 자전거 안전하기 타기와 연관된 지역 특성의 공중보건학적 영향을 규명하는 것이므로 문제가 크지 않을 것이다. 자전거사고, 자전거인구, 그리고 헬멧착용률 등의 자료가 모두 있는 시군구는 230개였으나 5년 간의 자료 분석 대상 기간 중 어느 하나라도 누락된 자료가 있는 경우가 제외되어 최종 분석 시군구의 수는 217개(94.3%)로 선택 바이어스의 가능성도 있다.

Ⅴ. 결론

이 연구는 개인수준 연구에서 자전거사고 사망 예방에 효과적인 자전거 헬멧 착용이 실제로 집단수준에서 자전거 사망을 줄이는 데 기여하는지 규명하기 위한 시군구 단위의 생태학적 연구이다. 연구 결과 나타난 시군구의 자전거 헬멧착용률과 같은 지역의 자전거사고 지표 중 자전거 사망률 및 부상신고율과의 유의한 연관성은 교란변수인 지역의 65세 이상 인구비율을 통제하는 편상관분석에서도 유지되었다. 노인인구 비율에 따른 층화분석에서는 65세 이상 노인인구 비율이 10.9-14.7%인 54개 지역에서 이 연관성이 뚜렷하였다.

이러한 결과는 일차적으로 개인의 자전거 헬멧 착용이 실제로 그 지역의 자전거 사고 사망을 예방하는 데 기여하는 것으로 해석할 수 있다. 또는 높은 자전거 헬멧착용률과 자전거사망의 감소 및 부상신고율 증가에 공통적으로 연관된 시군구의 다른 특성(높은 사회경제적 환경 , 자전거 안전을 제고하는 노력과 투자, 또는 건강도시 가입)일 수 있다. 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다. 정부나 지방자치단체는 자전거 타기를 권장하지만 말고 시민들이 안전하게 자전거를 탈 수 있는 정책의 수립과 도로 환경 조성에 노력하여야 할 것이다.

References

Attewell, R. G., Glase, K., & McFadden, M. (2001). Bicycle helmet efficacy: a meta-analysis. *Accident Analysis and Prevention, 33*, 345-352.

Crist, P., & Baik, N. (2013). Current status of bicycling injury in some countries and strategies for safety promotion: Core messages of OECD-ITF working group (Korean, author's translation). *Monthly KOTI Magazine on Transport*, *12*, 13-21.

Dennis, J., Ramsay, T., Turgeon, A. F., & Zarychanski, R. (2013). Helmet legislation and admissions to hospital for cycling related head injuries in Canadian provinces and territories: Interrupted time series analysis. *British Medical Journal, 346*, f2674. doi: 10.1136/bmj.f2674.

Embree, T. E., Romanow, N. T., Djerboua, M. S., Morgunov, N. J., Bourdeaux, J. J., & Hagel, B. E. (2016). Risk factors for bicycling injuries in children and adolescents: A systematic review. *Pediatrics, 138*(5), e2 0160282. doi: 10.1542/peds.2016-0282.

European Commission. (2015). *Road safety in the European Union: Trends, statistics and main challenges* (pp.16-18). Brussels: Directorate-General Mobility and Transport.

Goldacre, B., & Spiegelhalter, D. (2013). Bicycle helmets and the law. *British Medical Journal*, *346*, f3817. doi: 10.1136/bmj.f3817.

Hewson, P. J. (2005). Cycle helmets and road casualties in the UK. *Traffic Injury Prevention*, *6,* 127–134.

Hong, C. S., & Kim, M. J. (2010). Statistical analysis and its application of bicycle accidents. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, 21(6), 1081-1090.

Ivers, R. (2007). Systematic reviews of bicycle helmet research. *Injury Prevention, 13,* 190. doi: 10.1136/ip.2007.015966.

Jacobsen, P. L (2003). Safety in numbers: More walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention, 9,* 205–209. doi: 10.1136/ip.9.3.205.

Kang, I. H., Lee, H. Y., Lee, J. I., Lee, K. H., Kim, Y. H., & Youn, Y. H. (2017). Causes of death and clinical features of bicycle injury patients over 8 years. *Crisisonomy*, *13*(3), 33-42. doi: 10.14251/crisisonomy.2017.13.3.33.

Kelsey, J. L., Whittemore, A. S., Evans, A. S., & Thompson, W. D. (Eds.). (1996). *Methods in observational epidemiology* (2nd ed.). New York, NY: Oxford University Press.

Korea Healthy Cities Partnership. (2018). *Introduction of healthy cities.* Retrieved from http://www.khcp.kr/hb/eng

Korea Road Traffic Authority. (2014). *Analysis of risk factors in traffic accidents: Focused on bicycles* (p.78) (Korean, author's translation). Seoul.

Korea Road Traffic Authority. (2017). *Statistics of traffic accidents in Korea* (p.138, p.143) (Korean, author's translation). Wonju.

Lim, C. S., Park, W. B., Cho, J. S., Yang, H. J., & Lee, G. (2016). Comparison of bicycle injury characteristics between bicycle lane and other accident site in Korea: 2011-2014. *Journal of the Korean Society of Emergency Medicine*, *27*(6), 522-529.

Loney, T., & Nagelkerke, N. J. (2014). The individualistic fallacy, ecological studies and instrumental variables: A causal interpretation. *Emerging Themes in Epidemiology, 11,* 18. doi: 10.1186/1742-7622-11-18.

Macpherson, A., & Spinks, A. (2008). Bicycle helmet legislation for the uptake of helmet use and prevention of head injuries (Review). *Evidence-Based Child Health, 3,* 16–32. doi: 10.1002/14651858.CD005401.pub3.

Ministry of the Interior and Safety. (2018). *Statistics Korea: Bicycle path status* (Korean, author's translation). Retrieved from http://index.go.kr/potal/stts/idxMain/selectPoSttsIdxMainPrint.do?idx_cd=2854&board_cd=INDX_001

Nicaj, L., Mandel-Ricci, J., Assefa, S., Grasso, K., McCarthy, P., Caffarelli, A., ... Thorpe, L. (2006). *Bicyclist Fatalities and Injuries in New York City: 1996-2005*: A Joint Report from the New York City Departments of Health and Mental Hygiene,

Parks and Recreation, Transportation, and the New York City Police Department (p.2). New York.

Oh, J., Kim, E., & Ji, M. (2007). A study of bicycle crash analysis at urban signalized intersections. *International Journal of Highway Engineering*, *9*(2), 1-11.

Oja, P., Titze, S., Bauman, A., de Geus, B., Krenn, P., Reger Nash, B., & Kohlberger, T. (2011). Health benefits of cycling: a systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 21*(4), 496-509. doi: 10.1111/j.1600-0838.2011.01299.x.

Olivier, J., & Creighton, P. (2017). Bicycle injuries and helmet use: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Epidemiology*, *46*(1), 278–292. doi: 10.1093/ije/dyw153.

Rivara, F. P., Thompson, D. C., & Thompson, R. S. (2015). Epidemiology of bicycle injuries and risk factors for serious injury. *Injury Prevention*, *21,* 47–51.

Robinson, D. L. (1996). Head injuries and bicycle helmet laws. *Accident Analysis and Prevention*, *28*(4), 463-475. doi: 10.1016/0001-4575(96)00016-4.

Robinson. D. L. (2005). Safety in numbers in Australia: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Health Promotion Journal of Australia*, *16*(1), 47-51.

Stevenson, M., & McClure, R. (2005). Use of ecological study designs for injury prevention. *Injury Prevention*, *11*, 2–4. doi: 10.1136/ip.2003.003384.

TAAS (Traffic Accident Analysis System). (2017). *Introduction of TAAS*. Retrieved from http://taas.koroad.or.kr/web/shp/adi/initBasisPurps.do?menuId=WEB_KMP_IID_IID_PAB