

ORIGINAL ARTICLE

## 보건의료빅데이터를 이용한 여름철 일최고기온에 대한 건강위험도 평가

황미경 · 김유근 · 오인보<sup>1)\*</sup>

부산대학교 대기환경과학과, <sup>1)</sup>울산대학교 의과대학 환경보건센터

### Health Risk Estimation for Daily Maximum Temperature in the Summer Season using Healthcare Big Data

Mi-Kyoung Hwang, Yoo-Keun Kim, Inbo Oh<sup>1)\*</sup>

*Department of Atmospheric Sciences, Pusan National University, Busan 46241, Korea*

<sup>1)</sup>*Environmental Health Center, University of Ulsan College of Medicine, Ulsan 44033, Korea*

#### Abstract

This study investigated the relationship between heat-related illnesses obtained from healthcare big data and daily maximum temperature observed in seven metropolitan cities in summer during 2013~2015. We found a statistically significant positive correlation ( $r = 0.4\sim 0.6$ ) between daily maximum temperature and number of the heat-related patients from Pearson's correlation analyses. A time lag effect was not observed. Relative Risk (RR) analysis using the Generalized Additive Model (GAM) showed that the RR of heat-related illness increased with increasing threshold temperature (maximum RR = 1.21). A comparison of the RRs of the seven cities, showed that the values were significantly different by geographical location of the city and had different variations for different threshold temperatures. The RRs for elderly people were clearly higher than those for the all-age group. Especially, a maximum value of 1.83 was calculated at the threshold temperature of 35°C in Seoul. In addition, relatively higher RRs were found for inland cities (Seoul, Gwangju, Daegu, and Daejeon), which had a high frequency of heat waves. These results demonstrate the significant risk of heat-related illness associated with increasing daily maximum temperature and the difference in adaptation ability to heat wave for each city, which could help improve the heat wave advisory and warning system.

**Key words** : Heat wave, Generalized additive model, Relative risk, Healthcare big data

#### 1. 서론

인체는 장기간 고온에 노출될 경우, 체온조절 능력이 떨어져 고온 관련 질병(열사병, 열탈진, 열경련, 열실신 등) 또는 사망에 이를 수 있다(Kilbourne, 1997;

Semenza et al., 1999; Lugo-Amador et al., 2004). 우리나라 질병관리본부의 온열질환감시체계 운영결과에 따르면 국내 온열질환자수가 증가하는 추세이며 2016년과 2018년 여름 동안에는 전국적으로 2천명 이상의 질환자 발생이 보고되기도 하였다(KCDC, 2019). 최근

Received 30 May, 2019; Revised 1 July, 2019;

Accepted 5 July, 2019

\*Corresponding author: Inbo Oh, Environmental Health Center, University of Ulsan College of Medicine, Ulsan 44033, Korea  
Phone: +82-52-250-8402  
E-mail: oinbo@ulsan.ac.kr

The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.  
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

여름철 폭염발생 빈도 및 강도의 증가와 관련하여 건강 영향에 관한 사회적 관심이 높아지고 있고 적절한 예방과 관리를 위해서는 온열질환 발생에 대한 실태조사 및 기온상승에 따른 정량적인 영향 분석이 요구된다.

일반적으로 임계기온(기온증가에 따라 유병률 또는 사망률이 증가하기 시작하는 기온, threshold temperature) 이상에서 기온 상승에 따라 사망률이 비선형적으로 증가함을 다수의 선행연구에서 제시하고 있다(Braga et al., 2002; Curriero et al., 2002; Baccini et al., 2008; Zanobetti and Schwartz, 2008; Kim et al., 2009; Martin et al., 2012; Leone et al., 2013; Jeong et al., 2016). 특히 도시지역의 경우 도시열섬 효과를 일으키는 다양한 요인들(복사 갇힘 또는 다중반사, 지속적인 장파복사, 인공열 등)에 의해서 폭염현상이 강화될 수 있고(Oke, 2002; Tan et al., 2010), 많은 인구가 동시에 고온에 노출되어 다수의 온열질환자 발생 및 초과사망자 증가 등 biophysical hazards를 가져올 수 있다. 국내에서는 Lee et al.(2010b)이 서울지역의 기온변화와 사망자간의 관련성을 분석한 바 있으며, Korea Environment Institute(2012)는 대도시 여름철 기온과 사망간의 관계함을 도출하고, 미래 여름철 고온으로 인한 초과사망 추정하였다. Jo et al.(2012)와 Lee(2015)는 응급실자료를 이용하여 폭염발생시 응급실에 내원하는 환자수가 증가하며, 폭염기간이 길어질수록 환자수가 급증함을 제시한 바 있다.

많은 선행연구에서 사용된 건강자료는 통계청 일별 사망(원인)자료(Kim et al., 2009; Lee et al., 2010b; Yang and Ha, 2013; Jung et al., 2014, Kim et al., 2014; Lee et al., 2016), 국가응급진료정보망(NEDIS; National Emergency Department Information System) 자료(Jo et al., 2012; Jung et al., 2016), 질병관리본부의 온열질환자 감시체계자료(Jeong et al., 2016)들이다. 이는 수십~수백명의 사망자 또는 응급실 내원환자 자료로, 충분한 모집단 자료를 활용한 온열질환자 발생현황 파악 및 기온과의 관련성을 분석하기에 한계를 가진다. 이에 신뢰성 높은 빅데이터 기반 온열질환자 자료로 대도시간의 인명피해 조사와 정량적 비교를 통해 도시별 폭염 건강영향 평가가 요구된다.

본 연구에서는 보건 의료빅데이터(healthcare bigdata)를 이용하여 온열질환자 발생현황을 조사하고, 일최

고기온과 온열질환의 상관성분석 및 일반화가법모형(Generalized Additive Model, GAM)을 이용하여 대도시지역 여름철 폭염이 건강에 미치는 위험도를 추정하였다. 특히 국내 도시들의 폭염 건강영향을 확인하기 위해 도시별로 위험도를 비교 분석하였으며, 65세 이상의 노인연령층에 대하여 계층별 분석을 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 대상기간 및 자료

연구 대상기간은 과거 3년간(2013~2015년) 여름철(6~8월)이며 대상 대도시는 총 7개(서울, 인천, 대전, 대구, 울산, 광주, 부산)로 하였다. 폭염 발생과 일최고기온 자료 산출은 도시별 종관기상관측시스템(Automated Synoptic Observing System, ASOS)에서 모니터링된 1시간 간격 기온자료를 이용하였다.

본 연구에서는 일최고기온의 건강위험 지표로 온열질환자수를 이용하였는데 열스트레스에 따른 건강영향을 보여주는 대표적인 수치가 될 수 있다. 온열질환자수는 건강보험심사평가원의 보건 의료빅데이터(HBH, 2018)를 이용하여 산출하였다. 이 데이터는 전국의 요양기관에서 제출한 건강보험청구자료를 기반으로 한 전국민 표본자료로, 대표성이 큰 자료이다.

본 연구에서는 온열질환에 대한 질병분류기호 기반으로 일별 도시별 상세 자료를 구축하였다. 질병분류기호는 주상병이 열 및 빛의 영향(질병분류기호: T670~T679), 과다한 자연열에 노출(X300~X309), 일광에 노출(X320~X329)로 인한 질환인 경우를 선정하였으며, 이는 Kim et al.(2014), Jeong et al.(2016)에서 선정한 온열질환자 기준과 동일하다. 자료 선택의 대상 의료기관은 상급종합병원, 종합병원, 병원, 요양병원, 의원, 보건소, 보건지소, 보건진료소, 보건 의료원으로 하였고, 기초 자료의 처리는 SAS Ver. 6.1을 이용하였다.

또한 전체 온열질환 내원환자(이후 온열질환자로 표기), 온열질환 응급실내원환자(이후 응급환자로 표기), 온열질환 사망자(이후 사망자로 표기) 자료들은 전연령과 노인연령층(65세이상)에 대하여 일별 형태로 자료를 처리하여 연구자료로 준비하였다.

### 2.2. 보건통계 분석 방법

폭염특보관련 일최고기온과 건강자료와의 관련성을

**Table 1.** Basic statistics of heat-related illness and daily maximum temperature in summer during 2013~2015

Month		June	July	Aug.	Total
Heat-related patients	All ages	2,286	3,216	4,398	9,900
	≥65 age	479	712	924	2,115
Emergency patients	All ages	105	313	521	939
	≥65 age	21	59	104	184
Heat-related deaths	All ages	0	2	6	8
	≥65 age	0	1	4	5
Daily maximum temp. (°C)		26.1±3.9	28.6±3.7	29.3±3.6	-

평가하기 위해 아래와 같이 두 가지로 구분하여 분석하였다. 첫 번째는 폭염관련 일최고기온과 온열질환자, 응급환자, 그리고 사망자와의 관계를 피어슨 상관관계(Pearson correlation)를 이용하여 지역별, 월별 인자들 간에 상관성을 조사하였고, 특히 기온지표과 질환과의 관계에 있어 지연효과(time lag effect)를 고려하기 위해 폭염관련 질환자 발생일 기준 당일~수일(2일)전 기온 효과를 분석하였다.

두 번째로 시계열자료에 적합한 일반화가법모형(GAM)을 이용하여 폭염에 대한 상대위험도를 예측하였다. 종속변수는 폭염관련 온열질환자와 응급환자수로, 각 지역을 전체 인구집단으로 볼 때 매우 드문 사건(event)이므로 포아송분포(Poisson distribution)를 따른다고 가정하고, 일최고기온을 설명변수로 사용하여 모델을 구현하였다. GAM은 Hastie and Tibshirani(1986)가 제안한 방법으로서 종속변수  $y$ 에 대해 독립변수의 평활(smoothing) 함수들의 가법적 형태로 일반화선형모형을 포함하는 포괄적인 모형으로, 폭염-사망 관련연구(Braga et al., 2001; Curriero et al., 2002)에서 적용된 바 있다.

상대위험도(Relative Risk, RR)란 기온이 임계기온에서 1°C 상승할 때 온열질환자 위험률을 보여주는 것으로 이를 구하기 위해 GAM을 적용하였고, 충분한 모집단 자료가 수집된 온열질환자(전연령, 65세 이상) 및 응급환자(전연령)를 대상으로 전체적인 상대위험도와 지역적인 상대위험도를 비교하였다. 모델에서 임계기온 초과 시에는 기온차(당일기온-임계기온)를, 이하에서는 0으로 두었다. 여기서 임계기온은 30°C, 33°C, 35°C로 설정하였다. 임계기온 30°C는 선행연구(Kim et al., 2014; Kim and Kim, 2017)에서 제시된 폭염수준으로, 본 연구기간

동안 상위 25% 수준에 위치하였다. 임계기온 33°C, 35°C는 기상청 폭염주의보와 폭염경보 발령기준으로 (Park et al., 2008, 2009; Jung et al., 2009) 상위 7%, 2% 수준이다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 온열질환 발생현황

Table 1은 3년간(2013~2015) 6~8월 폭염관련 건강자료 및 일최고기온의 기초통계 결과이다. 여기서 건강자료는 온열질환자, 응급환자 그리고 사망자를 대상으로 전연령과 노인연령층으로 구분하여 3년간 월별(6~8월) 합계를 분석하였다. 전체 온열질환자는 3년간 9,900명이었고, 6월에서 8월로 갈수록 기온증가와 함께 온열질환자가 점차 증가하며 8월 온열질환자는 6월 대비 1.9배 많았다. 온열질환자 중 약 9.5%는 응급실을 통해 내원한 것으로 조사되었다. 노인연령층이 온열질환자 및 응급환자의 약 20%를 차지였으며, 사망자 8명 중 5명이 노인으로 높은 비율을 보여 노인들이 폭염에 대해 취약함을 정량적으로 확인할 수 있다.

각 도시별로 온열질환자, 응급환자, 사망자를 전연령, 노인연령층을 구분하여 Table 2에 제시하였다. 여기서 도시간 정량적 비교를 위해 폭염(일최고기온 30°C 이상) 일수와 함께 온열질환자수 및 응급환자수는 각각 인구 천만명당, 백만명당 발생환자수를 함께 산출하였다. 폭염은 대구(139일)와 광주(134일)에서 발생빈도가 상대적으로 높았고 서울, 대전과 함께 내륙도시들의 폭염 발생빈도가 3년간 100일 이상으로 많았다. 반면 연안도시(인천, 부산, 울산)의 폭염 발생빈도가 상대적으로 적고, 특히 인천이 2일로 발생빈도가 가장 낮았다.

**Table 2.** Basic statistics of heat-related illness for each city in summer during 2013~2015

City		Seoul	Incheon	Daejeon	Daegu	Ulsan	Gwangju	Busan
Num. of days	≥ 30℃	115	2	109	139	85	134	29
Heat-related patients	All ages*	2,819 (3,094)	597 (2,146)	593 (4,005)	1,845 (7,627)	731 (6,410)	945 (6,537)	2,370 (6,932)
	≥ 65 age**	589 (528)	151 (452)	176 (990)	363 (1,078)	122 (1,091)	232 (1,286)	482 (916)
Emergency patients	All ages*	184 (287)	65 (247)	71 (495)	84 (388)	113 (1,006)	219 (1,524)	203 (607)
	≥ 65 age**	40 (40)	8 (24)	22 (130)	27 (81)	16 (144)	43 (247)	28 (56)
Heat-related deaths	All ages	1	0	0	2	2	3	0
	≥ 65 age	1	0	0	1	1	2	0

\* ( ) is number of patients per 10 million

\*\* ( ) is number of patients per million

**Table 3.** The Pearson correlation coefficient (r) between heat-related illness and daily maximum temperature (time lag=0, 1, 2) during 2013~2015

		lag 0	lag 1	lag 2
heat-related patients	all ages	0.35	0.32	0.33
	≥ 65 age	0.25	0.25	0.25
emergency patients	all ages	0.38	0.33	0.30
	≥ 65 age	0.26	0.23	0.21
heat-related deaths	all ages	0.09*	0.10	0.10

All values are statically significant ( $p < 0.01$  or  $*p < 0.05$ )

온열질환자는 서울(전연령 2,819명, 노인연령층 589명)이 대도시들 중에 가장 많았다. 하지만 단위인구당 질환자수를 비교하면 대구, 부산, 광주, 울산과 비교하여 2배 이상 적었다. 특히 광주는 노인연령층이 온열질환자 및 응급환자의 비율이 각각 24.6%와 19.6%로 높았다. 폭염발생 빈도가 가장 낮은 인천은 온열질환과 관련된 모든 환자수가 적었지만 제한된 모집단으로 유의한 해석은 어렵다.

### 3.2. 기온지표와 온열질환자 상관분석

일별 온열질환자수와 일최고기온의 시계열 자료로 시간지연효과를 고려하여 상관관계를 분석하였다. Table 3은 온열질환자, 응급환자, 사망자 발생일 기준 당일(lag 0), 하루전(lag 1), 이틀전(lag 2)의 기온지표와 환자수와

의 상관도(Pearson correlation coefficient, r)를 보여준다. 모든 경우에서 일최고기온이 질환지표들과 유의한 상관을 나타내어 GAM 분석 시 입력자료로 유의함을 확인할 수 있다. 기온이 증가할수록 환자수가 증가하나, 상관도가 0.4 이하를 나타내는 것은 그 관계가 지수함수에 가깝게 급격히 증가하기 때문으로 분석된다 (Kim et al., 2014; Jeong et al., 2016). 지연효과를 고려했을 경우 전반적으로 시차가 증가할수록 상관관계는 낮아져, 폭염 당일의 온열질환 발생(내원)이 가장 유의한 상관을 보였다.

Table 4에는 각 도시별 시차에 따른 온열질환자수와 일최고기온과의 상관도를 제시하였다. 먼저 시차를 고려하지 않을 경우(lag 0) 우리나라 남부에 위치한 부산, 울산, 광주가 0.6 전후의 상관도를 보이는 반면, 중부에

**Table 4.** The Pearson correlation coefficient (r) between heat-related illness patients and daily maximum temperature by time lag and region during 2013~2015

	heat-related patients			emergency patients		
	lag 0	lag 1	lag 2	lag 0	lag 1	lag 2
Seoul	0.32	0.21*	0.21*	0.39	0.30	0.22*
Incheon	0.25	0.19*	0.18*	0.32	0.26	0.23*
Daejeon	0.29	0.33	0.39	0.40	0.20*	0.23*
Daegu	0.40	0.33	0.38	0.41	0.32	0.31
Ulsan	0.59	0.57	0.59	0.47	0.46	0.45
Gwangju	0.60	0.60	0.53	0.58	0.53	0.42
Busan	0.62	0.61	0.59	0.57	0.55	0.49

All values are statically significant ( $p < 0.01$  or  $*p < 0.05$ )

위치한 서울, 대구, 대전은 0.3 정도의 상관도가 나타났다. 시차에 따른 상관도의 변화 역시 도시별 경향성이 다르게 나타났다. 남부지역은 기준 당일, 하루 전의 기온 지표와 환자수의 상관값이 유사하게 나타났지만 대전은 오히려 지연에 따른 상관도가 증가하는 특징을 보였다. 한편 각 도시별 응급환자수와 기온지표와의 상관도는 지연효과에 따라 감소하는 경향을 보여 응급실 내원이 주로 단기에 이루어짐을 알 수 있었다.

여기서 남부지역은 낮은 기온부터 질환자의 지속적 증가로(Kim et al., 2009) 상대적으로 상관도가 높게 나타날 수 있으나, 지역별 폭염지속일수(Dhainaut et al., 2004; Lee et al., 2010a; Jo et al., 2012), 사회적·경제적 요인(취약계층의 분포, 냉방시설, 인구밀도, 경제수준, 복지예산 등) (McMichael, 2012; Kim et al., 2014; Lee et al., 2016)도 지역별 차이를 유발할 수 있으므로, 지역간 상관차이가 기온지표에만 의존하는 것으로 보긴 어렵다.

일최고기온과 일별 온열질환자의 상관관계를 알아보기 위해 도시별로 두 변수간의 산점도를 Fig. 1에 제시하였다. 모든 도시에서 임의기온(약 25℃)이상에서 기온상승에 따라 온열질환자수가 지수적 증가경향을 보였다. 지역별로 비교해보면, 폭염일수가 많은 도시일수록 높은 기온에서 증가하는 모습이 나타났다. 대구, 대전, 광주 는 약 30℃ 이상에서 기울기가 커지는 반면, 부산은 약 25℃ 이상에서 가장 큰 기울기를 나타내고 기온증가에 따른 온열질환자가 급격하게 증가하였다.

이 절은 기온지표와 온열질환자의 전반적 분포를 확

인하기 위한 단계로, 이를 통해 도시별 정확한 임계기온은 산정하지 않았다. 여러 선행연구에서 제시된 임계온도 분포는 여름철 기온이 높은 지역일수록 수준이 높게 나타나며(McMichael et al., 2008; Hajat and Kosatky, 2010) 위도가 높은 도시에서 더 낮은 온도를 나타내는 것으로(Baccini et al., 2008) 제시된 바 있다. 우리나라의 사망자가 급증하는 임계온도는 평균 27~30℃로(Kim et al., 2009; Jung et al., 2014) 제시된 바 있으며, 특히 서울지역의 경우 Kim et al.(2009)은 29.4℃, Lee et al.(2016)은 27~28℃로 제시되었다. 이러한 임계온들은 분석방법 및 대상자료에 따라 다소 차이를 나타내었다.

### 3.3. 기온지표에 따른 상대위험도 평가

임계기온 이상에서 일최고기온 상승에 따른 건강위험도를 평가하기 위해 7개 도시 대상 상대위험도(RR)를 임계기온(30℃, 33℃, 35℃)조건별로 산출하여 Table 5와 6에 제시하였다.

우선 전체도시 대상 분석결과(Table 5)에서는 온열질환은 임계기온 상승에 따라 상대위험도는 높아졌고, 35℃ 임계기온 조건에서 전연령은 1.21, 노인연령층에서는 1.15의 최고값이 나타났다. 반면, 전연령 대상 응급환자의 상대위험도는 임계기온 30℃에서 1.22로 가장 높아 온열질환자 대상 분석결과와 차이를 보였다. 이는 온열질환자 응급실감시체계(KCDC, 2019)에 따르면 폭염 관련 응급환자가 실외활동 중 주로(73.4%) 발생하는데 폭염주의보 발령 전(일 최고기온 33℃ 미만) 폭염에 대한

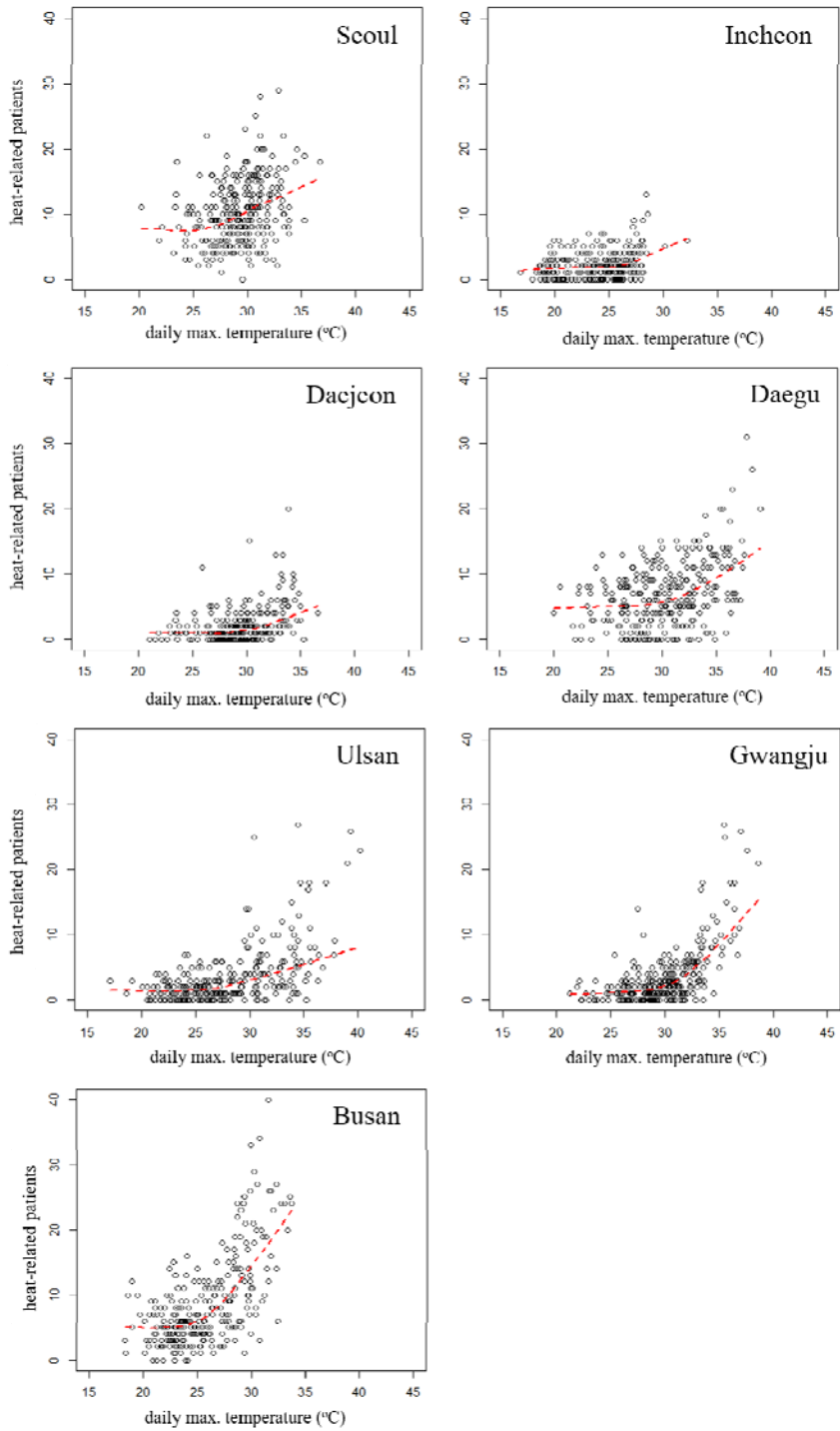


Fig. 1. Scatter plots for heat-related patients and daily maximum temperatures for each city.

**Table 5.** Relative risk and 95% confidence interval at threshold of temperature index

		Daily max. temperature		
		30°C	33°C	35°C
Heat-related patients	All ages	1.04(1.02,1.07)	1.15(1.12,1.19)	1.21(1.16,1.27)
	≥65 age	1.10(1.04,1.16)	1.12(1.05,1.20)	1.15(1.04,1.27)
Emergency patients	All ages	1.22(1.09,1.35)	1.17(1.06,1.28)	1.13 (1.00,1.29)

경각심을 가지지 않고 실외활동 중 응급실에 내원한 것이 원인으로 볼 수 있다. 본 연구에서 자료의 한계로 노인 연령층 대상 응급환자 상대위험도 평가를 수행하진 못했지만 노인들이 청소년보다 폭염에 더 취약하기 때문에 (Johnson et al., 2005; Schaffer et al., 2012; Wang et al., 2012) 온열질환 분석결과와 같이 노인연령층의 상대 위험도 수치가 전연령 대상 위험도에 비해 높음을 예상할 수 있다.

Table 6에는 도시별 정량적 비교를 위하여 온열질환자수와 응급환자수의 일최고기온 기준에 대한 도시별 상대 위험도를 제시하였다. 도시의 지리적 위치에 따라 상대 위험도가 비교적 큰 차이가 나타났고 일최고기온값 변화에 따른 증감의 변화 경향도 달랐다.

온열질환자 전연령 대상 분석결과, 일최고기온 30°C의 경우 온열질환 위험도가 대구, 울산, 서울, 부산에서 1.04~1.13 범위로 나타났다. 폭염주의보 기준인 33°C에서는 대구, 울산, 광주에서 각각 1.19, 1.09, 1.47의 유의한 상대위험도가 나타났다. 일최고기온 35°C의 폭염일의 온열질환자 상대위험도는 모든 도시에서 1.10 이상이며 대구에서 1.31로 유의한 최고값을 보였다. 노인연령층의 경우, 인천과 울산 제외한 모든 도시에서 폭염에 의한 위험도가 전연령 연구에 비해 크게 나타났는데 이는 노인연령층의 폭염에 대해 더욱 취약함을 도시별로 정량적으로 보여주는 결과이다. 대전은 일최고기온 33°C, 대구는 35°C, 광주는 모든 일최고기온 조건에서 1.3 이상의 유의한 상대위험도를 보였다. 특히 서울지역의 노인연령층 상대 위험도는 일최고기온 35°C에서 가장 높은 수치인 1.83 (95% CI: 1.18, 2.84)으로 나타났다. 상대적으로 높은 노인연령층의 상대위험도는 취약계층의 관리가 중요함을 보여주는 것으로, Ha et al.(2014)의 연구에서도 노인연령층(65-79세, 80세이상) 중에서도 연령이 더 높아질수록 온열질환 내원율이 높아짐을 제시한 바 있다. 전연

령과 노인연령층 온열질환 상대위험도를 도시별로 비교해보면, 내륙도시(서울, 대전, 대구, 광주)와 연안도시(인천, 울산, 부산)의 차이를 확인할 수 있다. 폭염발생빈도가 높은 내륙도시의 상대위험도가 연안도시들에 비해 상대적으로 높았다; 연안도시들의 경우는 상대위험도값이 30°C 임계치에서만 존재하거나 높은 일최고기온 조건에서도 위험도가 낮았다.

응급환자의 상대위험도의 경우 전반적으로 통계적으로 유의하지 않은 수치들이 많았고, 대구를 제외하고는 낮은 일최고기온(30°C)에서 상대 위험도가 높게 나타났다. 서울과 광주에서 각각 1.39, 1.50의 유의하고 높은 상대 위험도를 보였다. 광주지역에 나타난 최고 값은 기존 Jung et al.(2014)의 연구에서 분석한 광주지역 초과사망자의 증가를 참고할 수 있다.

본 연구에서 연구기간 내 모집단의 한계로 사망자를 대상으로 하지 않았다. 서울지역 사망자수를 이용한 선행 연구에서 제시된 상대위험도와 비교하면 다음과 같다. Lee et al.(2010)은 일최고기온 26.5°C 이상에서 초과사망자가 1.08%(95% CI: 0.79~1.36) 증가함을 제시하였고 Yang and Ha(2013)은 일평균기온 26.7°C 이상에서 2.9% (95% CI: 1.081~1.040) 증가하는 것으로 분석하였다. Kim et al.(2009)은 일최고기온(일최고기온 29.4°C) 이상에서 천만명당 4.7명 사망자가 증가하는 것으로 평가하였다. 이상의 기존연구와 비교해보면, 온열질환자 상대위험도는 기존 사망자 대상 연구보다 더 크게 나타남을 확인할 수 있다.

본 연구는 통계분석 시 지역간 사회적, 경제적 차이를 혼란인자로 고려하지 못하고, 단일 기온지표인 일최고기온만의 함수로 도시별 위험도를 비교함으로써 일최고기온 변화와 연계된 환경인자들의 복합인 효과를 고려하지 못하는 한계점이 존재한다. 아울러 온열질환 뿐 아니라 심혈관질환, 신장질환, 정신질환 등도 온열질환과

**Table 6.** Relative risk and 95% confidence interval at threshold of temperature index for each city

	Heat-related patients (all ages)		
	30°C	33°C	35°C
Seoul	1.08(1.01,1.16)	1.05(0.93,1.17)	1.10(0.83,1.46)
Incheon	0.44(0.30,0.67)	-	-
Daejeon	0.77(0.67,0.89)	0.97(0.78,1.19)	1.13(1.10,1.16)
Daegu	1.13(1.06,1.21)	1.19(1.11,1.28)	1.31(1.20,1.42)
Ulsan	1.11(1.01,1.23)	1.09(1.00,1.20)	1.10(0.99,1.23)
Gwangju	0.96(0.85,1.09)	1.47(1.33,1.63)	1.28(1.12,1.46)
Busan	1.04(0.96,1.12)	1.00(0.61,1.65)	-
	Heat-related patients (≥65 age)		
	30°C	33°C	35°C
Seoul	1.14(0.98,1.32)	1.28(1.03,1.59)	1.83(1.18,2.84)
Incheon	0.30(0.01,12.33)	-	-
Daejeon	0.64(0.51,0.79)	1.73(1.21,2.48)	1.41(0.51,3.89)
Daegu	1.13(0.98,1.31)	1.13(0.98,1.31)	1.38(1.14,1.68)
Ulsan	1.08(0.85,1.37)	0.97(0.76,1.24)	0.92(0.66,1.26)
Gwangju	1.35(1.03,1.76)	1.40(1.14,1.73)	1.52(1.18,1.95)
Busan	1.11(0.94,1.30)	-	-
	Emergency patients (all ages)		
	30°C	33°C	35°C
Seoul	1.39(1.00,1.94)	1.07(0.69,1.64)	0.08(0.004,1.28)
Incheon	1.23(0.52,2.90)	-	-
Daejeon	1.39(0.65,2.98)	1.15(0.63,2.09)	-
Daegu	1.39(0.79,2.45)	1.40(0.95,2.05)	1.43(0.97,2.10)
Ulsan	1.16(0.86,1.56)	1.11(0.88,1.41)	1.09(0.84,1.41)
Gwangju	1.50(1.02,2.22)	1.38(1.06,1.79)	1.28(0.97,1.69)
Busan	1.07(0.80,1.43)	-	-

연관성이 있음을 여러 선행연구들(Kim et al., 2006; Lim et al., 2015; Lim et al., 2018)에서 제시되었으므로, 관련 질환들을 포함한 건강위험도 분석도 필요하다. 또한 도시별 임계기온 산출 및 비교분석을 통한 도시별 폭염기준에 대한 추가연구도 필요하다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 2013~2015년 여름철 대도시 대상, 건강보험심사평가원의 보건의료빅데이터를 이용하여 일최고기온에 대한 온열질환 건강영향평가를 수행하였다.

피어슨 상관관계 분석 결과, 일최고기온은 온열질환

자수, 응급환자수와 다소 높은 상관성이 나타났으나 지연효과는 뚜렷하지는 않았으며, 기온지표의 상승이 온열질환과 유의한 관련성이 있음을 확인할 수 있었다.

GAM 모델 수행결과, 기온상승에 따른 온열질환 상대위험도는 임계기온값 상승에 따라 높아졌다(최고 RR=1.21). 반면 응급환자 발생의 상대위험도는 임계기온 30°C에서 가장 높게 나타나(RR=1.22) 온열질환자 대상 분석결과와 차이를 보였다. 도시들간 온열질환 발생의 상대위험도 비교에서는, 도시의 지리적 위치에 따라 상대위험도가 비교적 큰 차이가 있고 임계기온값 변화에 따른 증감의 변화 경향도 달랐다. 노인연령층의 경우,



기온상승에 따른 위험도가 전연령 인구에 비해 크게 나타났는데 특히 서울지역의 상대위험도는 일최고기온 35℃에서 가장 높은 수치인 1.83(95% CI: 1.18, 2.84)이 나타났다. 또한, 폭염발생빈도가 높은 내륙도시의 상대위험도가 연안도시들에 비해 상대적으로 높았다. 응급환자 발생의 상대위험도는 대부분이 낮은 일최고기온에서 높게 나타났으며 광주에서 위험도가 가장 컸다(RR: 1.50).

본 연구는 보건의료빅데이터 온열질환자료를 이용하여 건강영향을 도시별, 계층별로 비교하였으며, 그 위험도를 정량적으로 비교하였다. 이를 통해 고온 노출로 인한 온열질환자의 증가를 도시별로 정량적으로 확인하였으며 도시별 일최고기온도 및 상대위험도의 지역적 차이를 제시하였다. 향후 도시별 사회적, 환경적, 기상학적 요소를 고려한 폭염에 대한 건강영향 연구가 추가로 이루어져야 할 것으로 사료된다. 기후변화와 함께 폭염 발생빈도 및 강도가 증가할 것으로 예상되는 만큼, 지역별 폭염 피해 예방/관리 대책 마련에 본 연구의 결과가 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

### 감사의 글

이 과제는 부산대학교 기본연구지원사업에 의하여 연구되었음.

### REFERENCES

- Baccini, M., Biggeri, A., Accetta, G., Kosatsky, T., Katsouyanni, K., Analitis, A., Forsberg, B., 2008, Heat effects on mortality in 15 European cities, *Epidemiology*, 19(5), 711-719.
- Braga, A. L., Zanobetti, A., Schwartz, J., 2002, The effect of weather on respiratory and cardiovascular deaths in 12 US cities, *Environ. Health Perspect.*, 110(9), 859-863.
- Braga, A., Zanobetti, A., Schwartz, J., 2001, The time course of weather-related deaths, *Epidemiology*, 12, 662-667.
- Curriero, F. C., Heiner, K. S., Samet, J. M., Zeger, S. L., Strug, L., Patz, J. A., 2002, Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States, *Am. J. Epidemiol.*, 155(1), 80-87.
- Dhainaut, J. F., Claessens, Y. E., Ginsburg, C., Riou, B., 2004, Unprecedented heat-related deaths during the 2003 heat wave in Paris: consequences on emergency departments, *Critical Care*, 8(1), 1-2.
- Ha, S., Talbott, E. O., Kan, H., Prins, C. A., Xu, X., 2014, The effects of heat stress and its effect modifiers on stroke hospitalizations in allegheny county, pennsylvania, *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 87, 557-565.
- Hajat, S., Kosatky, T., 2010, Heat-related mortality: a review and exploration of heterogeneity, *J. Epidemiol. & Commun. Health*, 64(9), 753-760.
- Hastie, T., Tibshirani, R., 1986, Generalized additive models, *Statist. Sci.*, 1(3), 314-318.
- Healthcare Bigdata Hub (HBH), 2018, Health insurance review & assessment service-healthcare bigdata hub in Korea, <http://opendata.hira.or.kr>.
- Jeong, D., Lim, S. H., Kim, D. W., Lee, W. S., 2016, The effects of climate elements on heat-related illness in South Korea, *J. Clim. Change Res.*, 7(2), 205-215.
- Jo, S., Kim, S., Kim, S., Jung, S., Lee, Y., Na, W., Jang, J., Song, K.J., 2012, Characteristics of summer heatwave victims of emergency department visits in Korea during 2011 - results from the Surveillance system of heat-related illness based on emergency department, *J. Korean Soc. Emerg. Med.*, 23(5), 687-695.
- Johnson, H., Kovats, R. S., McGregor, G., Stedman, J., Gibbs, M., Walton, H., Cook, L., Black, E., 2005, The impact of the 2003 heat wave on mortality and hospital admissions in England, *Health Stat. Qual.*, 6-11.
- Jung, D. E., Lim, S. H., Kim, D. W., Lee, W. S., 2016, The effects of climate elements of heat-related illness in South Korea, *J. Clim. Change Res.*, 7(2), 205-215.
- Jung, J. H., Kim, I. G., Lee, D. G., Shin, J. H., Kim, B. J., 2014, Study on the vulnerability regarding high temperature related mortality in Korea, *J. Korean Geogr. Soc.*, 49(2), 245-263.
- Jung, W. S., Park, J. K., Kim, E. B., Song, J. H., 2009, Study on the establishment of threshold criteria for heat health watch warning system in Korea; part II : Improvement of criteria, *J. Environ. Sci.*, 18(7), 781-796.
- Kilbourne, E. M., 1997, Heat waves and hot environments, In: Noji E(ed) *The public health consequences of disasters*, Oxford Univ. Press, New York, 245-269.
- Kim, D. W., Chung, J. H., Lee, J. S., Lee, J. S., 2014, Characteristics of heat wave mortality in Korea, *Atmosphere*, 24(2), 225-234.
- Kim, H., Ha, J. S., Park, J., 2006, High temperature, heat

- index, and mortality in 6 major cities in South Korea, *Arch. Environ. & Occup. Health*, 61(6), 265-270.
- Kim, J. H. Kim, H. D., 2017, Spatial Distribution of Air Temperature during an Extreme Heat Period in Daegu Metropolitan Area in 2016, *J. Environ. Sci. Int.*, 26(9), 1023-1029.
- Kim, J., Lee, D. G., Jan, K., 2009, Characteristics of Heat Acclimatization for Major Korean Cities, *Atmosphere*, 19(4), 309-318.
- Korea Centers for Disease Control & Prevention (KCDC), 2019, <https://www.cdc.go.kr/CDC/>
- Korea Centers for Disease Control & Prevention (KCDC), 2019, *Public Health Weekly Report*, 12(20), 630-638.
- Korea Environment Institute, 2012, Economic analysis of climate change in Korea (Ⅲ).
- Lee, D. G., Choi, Y. J., Kim, K. R., Byon, J. Y., Laurence, S. K., Scott, C. S., 2010a, Development of heat-health warning system based on regional properties between climate and human health, *J. Clim. Change Res.*, 1(2), 109-120.
- Lee, J., Kim, M. K., Park, J., 2016, The effects of socioeconomic factors on mortality under high temperature in Seoul, South Korea, *J. Korean Assoc. Regional Geogr.*, 22(1), 195-210.
- Lee, S. H., 2015, The association between heat waves and emergency department visits from NEDIS in South Korea, Ph. D. Dissertation, Seoul National University, Seoul, Korea.
- Lee, S. R., Kim, H., Yi, S. M., 2010b, The relationships between temperature changes and mortality in Seoul, Korea, *J. Environ. Health Sci.*, 36(1), 20-26.
- Leone, M., D'Ippoliti, D., De Sario, M., Analitis, A., Menne, B., Katsouyanni, K., Dörtbudak, Z., 2013, A Time series study on the effects of heat on mortality and evaluation of heterogeneity into European and Eastern-Southern Mediterranean cities: results of EU CIRCE project, *Environ. Health*, 12(1), 55.
- Lim, Y. H., Park, M. S., Kim, Y., Kim, H., Hong, Y. C., 2015, Effects of cold and hot temperature on dehydration: a mechanism of cardiovascular burden, *Int. J. Biometeorol.*, 59(8), 1035-1043.
- Lim, Y. H., So, R., Lee, C., Hong, Y. C., Park, M., Kim, L., Yoon, H.-J., 2018, Ambient temperature and hospital admissions for acute kidney injury: A time-series analysis, *Sci. Total Environ.*, 616, 1134-1138.
- Lugo-Amador, N. M., Rothenhaus, T., Moyer, P., 2004, Heat-related illness, *Emerg. Med. Clin. North Am.*, 22(2), 315-327.
- Martin, S. L., Cakmak, S., Hebborn, C. A., Avramescu, M. L., & Tremblay, N., 2012, Climate change and future temperature-related mortality in 15 Canadian cities, *Int. J. Biometeorol.*, 56(4), 605-619.
- McMichael, A. J., Wilkinson, P., Kovats, R. S., Pattenden, S., Hajat, S., Armstrong, B., Kosnik, M., 2008, International study of temperature, heat and urban mortality: the 'ISOTHURM' project, *Int. J. Epidemiol.*, 37(5), 1121-1131.
- McMichael, T., Montgomery, H., Costello, A., 2012, Health risks, present and future, from global climate change. *Bmj*, 344, e1359.
- Oke T. R., 2002, *Boundary layer climates-2nd ed.*, Routledge, London.
- Park, J. K., Jung, W. S., Kim, E. B., 2008, A Study on the influence of extreme heat on daily mortality, *J. Korean Soc. Atmos. Environ.*, 24(5), 523-537.
- Park, J. K., Jung, W. S., Kim, E. B., 2009, Study on the establishment of threshold criteria for heat health watch warning system in Korea; part I: establishment of criteria and verification, *J. Environ. Sci.*, 18(7), 767-780.
- Schaffer, A., Muscatello, D., Broome, R., Corbett, S., Smith, W., 2012, Emergency department visits, ambulance calls, and mortality associated with an exceptional heat wave in Sydney, Australia, 2011: A time-series analysis, *Environ. Health*, 11(3), 1-8.
- Semenza, J. C., McCullough, J. E., Flanders, W. D., McGeehin, M. A., Lumpkin, J. R., 1999, Excess hospital admissions during the July 1995 heat wave in Chicago, *Am. J. Prev. Med.*, 16(4), 269-277.
- Tan, J., Zheng, Y., Tang, X., Guo, C., Li, L., Song, G., Zhen, X., Yuan, D., Kalkstein, A.J., Li, F., Chen, H., 2010, The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai, *Int. J. Biometeorol.*, 54(1), 75-84.
- Wang, X. Y., Barnett, A. G., Yu, W., FitzGerald, G., Tippet, V., Aitken, P., Neville, G., McRae, D., Verrall, K., Tong, S., 2012, The impact of heatwaves on mortality and emergency hospital admissions from non-external causes in Brisbane, Australia, *Occup. Environ. Med.*, 69, 163-169.

- Yang, J., Ha, J., 2013, Estimation of future death burden of high temperatures from climate change, *J. Environ. Health Sci.*, 39(1), 19-31.
- Zanobetti, A., Schwartz, J., 2008, Temperature and mortality in nine US cities, *Epidemiology*, 19(4), 563.

- 
- 황미경, 부산대학교 대기환경과학과 연구원  
hmk1001@naver.com
  - 김유근, 부산대학교 대기환경과학과 교수  
kimyk@pusan.ac.kr
  - 오인보, 울산대학교 의과대학 환경보건센터 교수  
oinbo@ulsan.ac.kr