

폭염이 건강에 미치는 영향



The Health Effects of Heat Waves

임연희 | 서울대학교 환경의학연구소 연구부교수

폭염 때문에 발생하는 온열질환과 그 외 다른 질환들을 국내의 다양한 자료를 이용하여 비교 분석하였다. 온열질환으로 인한 사망자는 질병관리본부의 온열질환 감시체계 기준으로 연평균 10명 정도 발생하는데, 2018년에는 48명으로 급격히 증가하였다. 통계청 사망 자료에는 온열질환 사망자 수가 감시체계보다 4배 정도 더 많은 것으로 집계되어 있다. 건강 결과별로 온열질환과 기온의 연관성을 비교하였을 때 응급은 선 형성을 보인 반면, 입원과 외래는 임계치 기온 이후 증가하는 경향을 보이고 있다. 이러한 응급질환 발생 시점과 의료기관 방문 시점에 차이를 보이는 상황이어서 더욱더 적극적인 온열질환 치료가 필요하다. 폭염경보의 기준 기온을 지역별로 다양화하여 폭염 피해를 예방할 필요도 있다.

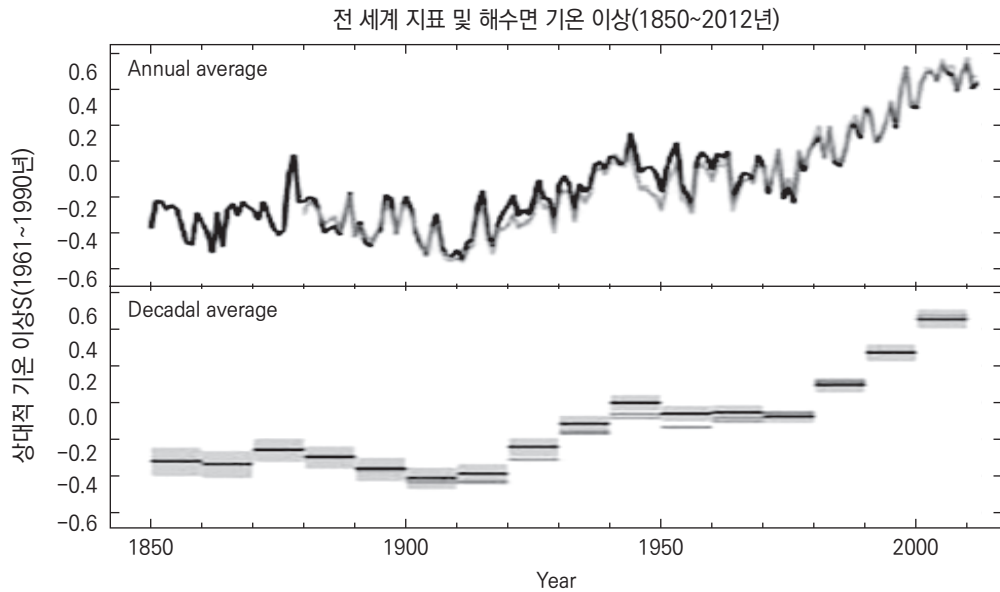
1. 들어가며

기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)의 5차 보고서에 따르면 1850년 이래 최근 30년 동안 지표 온도는 과거의 어떤 10년 평균보다 높았다(Stocker et al., 2013, p. 6). <그림 1>은 1961~1990년 기준으로 다른 10년

간 평균기온을 비교하였을 때 최근 20년간의 평균기온이 그 어느 해보다 빠르게 상승하고 있음을 보여 준다.

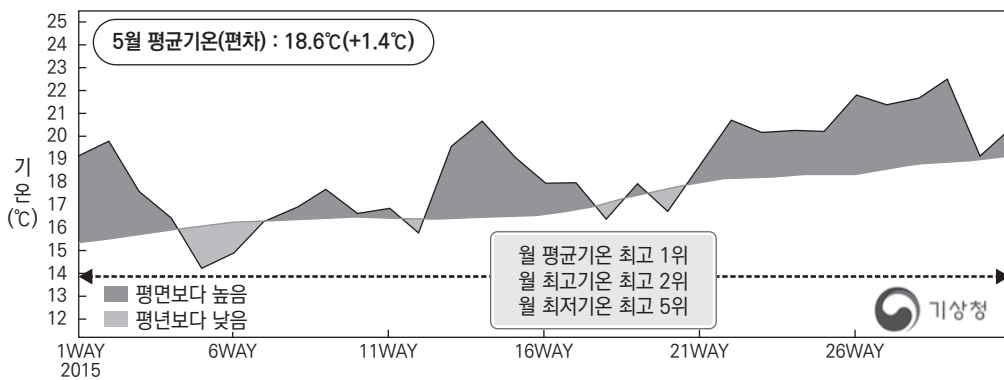
기상청의 '이상기후 보고서'에 따르면 2000년 이후부터 5월 평균기온이 지속적으로 상승하는 경향을 보이고 있다. 특히 <그림 2>에 보이듯이 2015년에는 5월에 폭염주의보가 발표되기도 하였다(기상청, 2016, p. 17).

그림 1. 세계 지표면 기온 상승 추세(1850~2012년)



자료: Stocker, T., Qin, D., Plattner, G., Tignor, M., Allen, S., Boschung, J., ... Midgley, P. (2013). IPCC, 2013: summary for policymakers in climate change 2013: the physical science basis, contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. In: Cambridge University Press, Cambridge, New York, USA. p. 6. fig. SPM. 1.

그림 2. 2015년 5월 전국 45개 지점 평균기온(°C) 일변화 및 극값 현황



자료: 기상청. (2016). 2015년 이상기후 보고서. p. 17. 그림 1-2.

그림 3. 전 세계 이상기후 강타



자료: 이재운. (2014). 북미는 혹한·남미는 폭염·유럽은 포근·동남아 한파. 연합뉴스, p. 1.
<https://www.yna.co.kr/view/AKR20140107050800009?section=search>에서 2019. 2. 27. 인출.

2018년 여름은 국내 기상 관측 이래 최고기온이 가장 지속되는 기록을 보였다. 대구와 광주 지역에서는 2018년 7, 8월 최고기온이 33도 이상인 날이 한 달가량 되었다. 가장 긴 폭염은 충남 금산이 37일로 1973년부터 기록한 기상 역사에서 가장 기록을 세웠다(기상청, 2019).

전 지구적으로 보면 폭염만이 문제는 아니다.

연합뉴스 보도에 따르면 2014년 1월 7일 우리나라를 비롯한 일부 아시아 나라들은 영하권이 나 이상 한파를 겪었고, 캐나다와 미국에는 폭설이 내렸다. 영국과 스웨덴에서는 폭풍과 홍수주의보가 발효되었다. 브라질, 칠레, 아르헨티나 등은 고온과 폭염으로 목살을 앓았다. 같은 시간대에 전 지구가 기후변화로 인해 폭염과 한파 등이

상기후를 경험한 것을 보면 단순한 기온 상승 혹은 하강이 아니라 이상기후를 일으키는 복잡한 현상이 있음을 알 수 있다(이재운, 2014).

이처럼 기후변화는 세계 곳곳에서 일어나고 있으며, 이로 인한 건강 영향은 다양하게 나타날 수 있다. 우리나라에서도 폭염으로 인하여 2018년에 온열질환 사망자가 급격하게 증가하였다. 이 외에도 폭염으로 인한 건강 영향을 평가하는 방법은 다양하다.

이 글에서는 폭염으로 인한 건강 영향 평가 방법과 사망, 입원, 외래, 응급실 방문 발생 위험도 등에 대하여 알아보려고 한다.

2. 폭염으로 인한 건강 영향 평가 방법론

폭염으로 인한 건강 영향을 평가하기 위해서는 다양한 자료의 취합이 우선되어야 한다. 먼저 기상청의 일별 최고, 평균기온이 가장 많이 활용된다. 또한 기상청의 폭염주의보 기준 등을 이용하여 폭염 기간 동안의 건강 영향을 평가한다. 건강 변수는 주로 통계청 일별 사망 자료, 질병관리본부의 온열질환자 감시체계, 국민건강보험공단의 맞춤형 데이터베이스(DB), 국가응급진료정보망(NEDIS)의 응급 환자 자료가 많이 활용된다. 자료마다 장단점이 있지만, 폭염의 건강 영향을 평가하는 데는 적합한 자료다. 기상 자료와 일별 건강 자료들을 취합해서 기온과 건강 결과의 연관성을 평가한다.

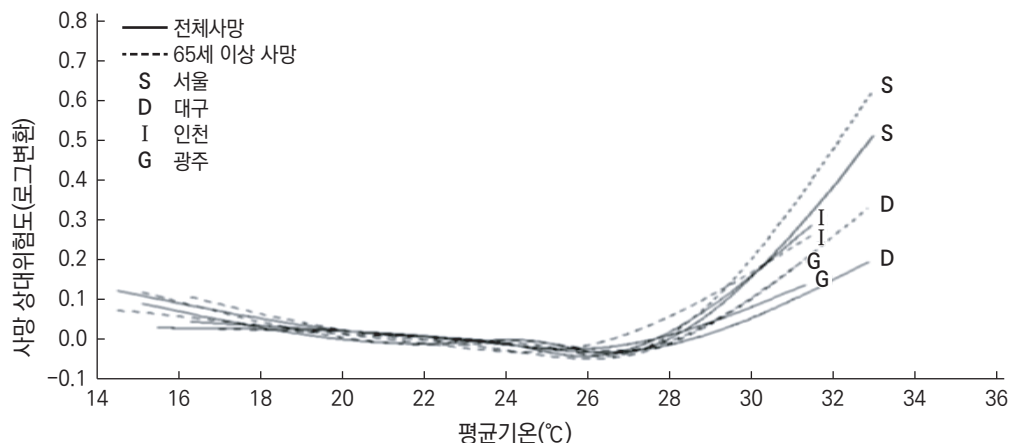
폭염에 의한 건강 영향은 기온에 의한 건강 영향과 같은 맥락이다. 기온은 계절과 아주 밀접한 관련성이 있다. 여기서 우리가 평가하고자 하는 것은 비슷한 시기 기온의 상승에 따른 사망자 수와 입원 환자 수의 증가 혹은 감소에 대한 것이다. 이때 계절성은 배제된다. 계절성은 흔히 말하는 4계절과 같은 뜻으로 이해되는데, 주로 1년에 1개의 코사인 커브(cosine curve, 영어 알파벳 V자 모양)와 비슷하게 생겼다. 즉 겨울에 사망자가 높고 여름에 사망자가 낮은 패턴을 보인다. 이렇게 코사인 커브를 연관성 모델에서 보정해 줌으로써 계절의 효과를 배제한 후 여름철 기온이 갑자기 상승했을 때 초과 사망자나 입원자 발생의 결과를 산출할 수 있다.

기온에 의한 건강 영향에서 많이 고려하는 부

분은 지연효과(lag effect)이다. 오늘의 사망에 영향을 미치는 것이 오늘의 환경 때문만일까, 어제는 영향을 주지 않았을까, 지난 1~2주는 영향을 주지 않았을까 등이 이런 고민에서 나온 것이다. 이러한 지연효과를 고려하는 방법도 다양하다. 가장 간단한 것은 단일지연효과(single lag effect)이다. 즉 이전의 어떤 특정한 날이 오늘의 사망에 영향을 미친다는 것이다. 하지만 화산 폭발 등과 같은 정말 이례적인 일이 하루에만 발생하는 것이 아니라 간헐적으로 발생한다. 그리고 그 간헐적인 날들로 인해 하루만 영향을 받는 게 아니라 미미하게나마 여러 날에 걸쳐 영향을 받기 때문에 며칠간의 효과를 평균적으로 고려하는 노력을 하고 있다. 이것을 평균지연효과(moving average lag effect)라고 한다. 평균지연효과도 단순히 모든 날을 같은 가중치로 평균을 낼 수도 있지만, 오늘과 가까운 날은 가중치를 많이 주고, 먼 날은 적게 준다든지, 아니면 어떤 특정한 함수를 따르도록 가중치를 줄 수 있는 옵션도 있다. 이러한 개념을 분산비선형지연모형(DLNM: distributed non-linear lag model)이라고 하는데, 영국의 가스파리니(Gasparrini) 교수가 개발한 dlnm 패키지 등을 활용하여 분석할 수 있다(Gasparrini, 2011).

기온·건강 영향 평가에서 고려해야 하는 것은 비선형성이다. 저온, 고온 모두 사망에 영향을 주기 때문에 기온과 사망의 관련성은 U, V 또는 J 모양을 따르고 있다(그림 4). 즉 사망률이 가장 낮은 역치 기온이 존재한다. 이러한 비선형성을 고려한 분석 방법은 R 패키지 중에서 HEAT(Lim,

그림 4. 기온과 사망의 관련성(서울, 대구, 인천, 광주)



자료: Kim, H., Ha, J.-S., & Park, J. (2006). High temperature, heat index, and mortality in 6 major cities in South Korea. Archives of Environmental & Occupational Health, 61(6), p. 267. fig. 2.

Ohn, & Kim, 2013)와 dlnm(Gasparrini, 2011) 등에서 구동이 가능하다.

폭염에 의한 질환의 정의에 대해 알아보고자 한다. 가장 많이 활용되는 질환은 온열질환이다. 국제질병사인분류(ICD-10) 기준으로 T67.x에 해당한다. 그다음으로 신장질환(급성신장 손상, 요로결석 등)과 심뇌혈관질환이 폭염과 관련 있는 질환으로 알려져 있다. 그 외에도 탈수증 등이 거론되지만, 탈수는 폭염이 아니어도 다른 원인이 많아서 극소수 연구에서 활용되고 있다 (Wilson et al., 2013, p. 5). 그 외에도 정신질환 등으로 인한 사망이나 자살이 고온과 관련성이 높은 것으로 나타났다(Kim, Lim, Woodward, & Kim, 2015; Kim, Y., et al., 2015). 폭염으로

인해 어떻게 사망했는지를 알기 위해서는 다양한 세부 질환과 자료 형태를 이용하여 심층적으로 분석한 뒤 결과를 도출할 필요가 있다. 다음에서는 폭염으로 인한 각종 건강 영향을 살펴보기로 한다.

3. 폭염으로 인한 건강 영향

가. 사망

폭염으로 인한 건강 피해 중 가장 심각한 것으로 온열질환 사망을 꼽을 수 있다. 온열질환은 ICD-10 T67에 해당하는 사망 원인을 뜻한다. 온열질환은 세부적으로 열사병, 열탈진, 열피로 등으로 나뉘며, 폭염에 즉각 반응하여 사망에

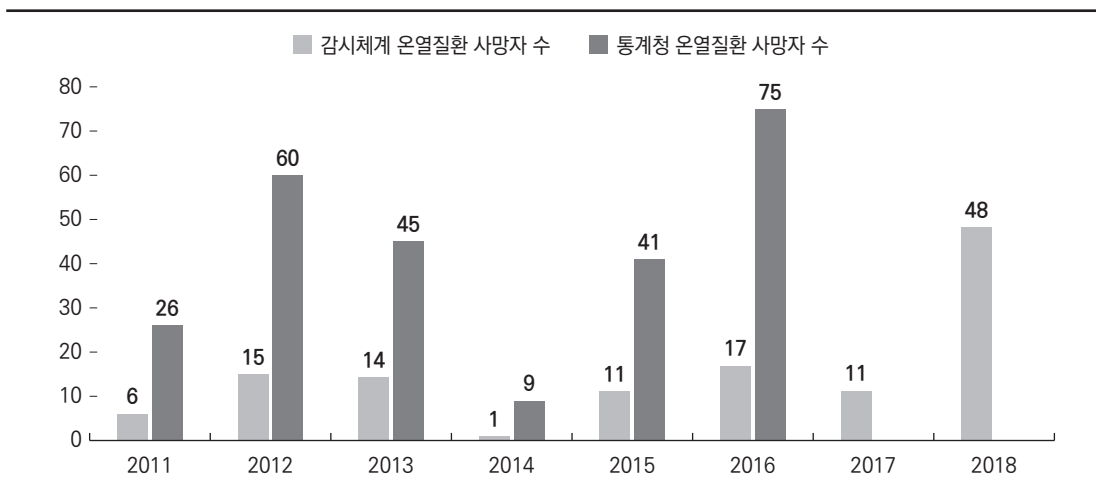
이르는 열사병이 가장 치명적인 것으로 알려져 있다. 질병관리본부는 2011년부터 응급실 이용자 중에서 온열질환 응급실 방문자와 사망자 표본 통계를 구축하는 온열질환 감시체계를 운영하고 있다. 2017년까지 온열질환으로 인한 사망자 수는 평균 10여 명에 이르렀지만, 2018년에는 48명으로 크게 증가하였다. 전국 사망자가 1년에 28만 명에 이르는데, 온열질환으로 인한 사망자 수가 적은 것은 폭염으로 인한 건강 영향이 작아서라기보다는 온열질환 감시체계의 한계일 수 있다. 감시체계 자료는 전수조사가 아닌 표본 조사라서 실제보다 적게 집계되었을 수 있다. 또한 폭염으로 인해 급사한 경우에는 시간적 여유가 없어서 의료기관의 응급실까지 갈 수 없었을 수 있다. 온열질환이었다 하더라도 패혈증과 비슷한 증세를 보여 온열질환이라고 할 수 없는 경

우도 있을 수 있다.

통계청의 사망 자료에서는 온열질환 사망자 수를 감시체계보다 4배 정도 더 집계하고 있다(그림 5). 하지만 통계청 사망 자료의 한계도 있다. 예를 들면 온열질환이 사망 원인이 아니었지만, 기존의 질환이 폭염 때문에 악화된 경우에는 온열질환 사망자 수에서 누락되었을 수도 있다(사망 자료에서 부상 병명이 사고 사망이 아닌 경우는 세부 부상병을 알기 어렵다). 폭염으로 인한 사망을 더 정확하게 규명하기 위해서는 응급실 방문뿐만 아니라 폭염 발생 시 사망한 경우 중에서 유사한 사인을 규명하기 위한 노력이 필요하다.

고온과 사망의 관련성은 기존의 무수히 많은 연구에서 이루어지고 있다. 방법론과 연구 기간, 연구 대상 지역에 따라 약간의 차이는 보이지만, 역치기온은 일 평균기온 28~30도, 일 최고기온

그림 5. 전국 연도별 온열질환 사망자 수(2011~2018년)



자료: 질병관리본부. (2011~2018). 온열질환 감시체계 & 통계청. (2011~2016). 통계청 사망자료. 원자료를 이용해 분석함.

33도 이상 정도로 나타나고 있다. 역치기온 이상에서 기온 1도 증가에 따라 사망자가 1~3% 증가하는 것으로 보고되고 있다(Lee et al., 2017; Kim, C. T. et al., 2015).

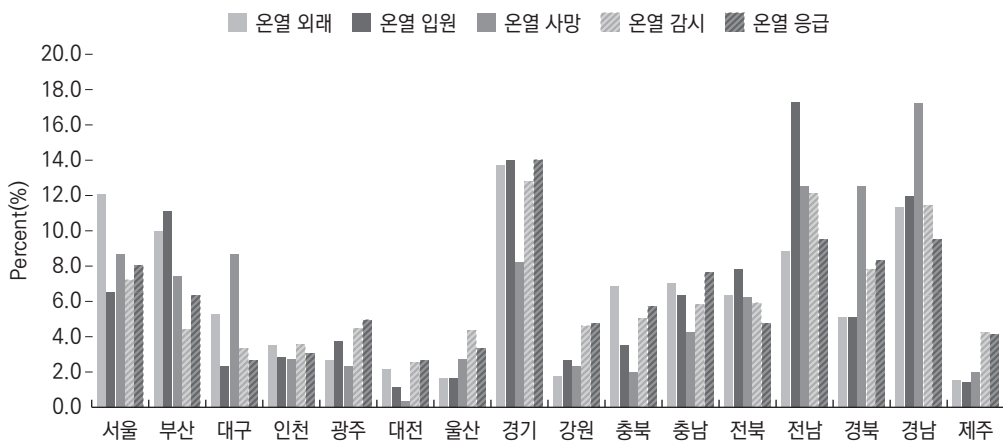
나. 온열질환 입원, 외래, 응급 입원

폭염으로 인한 온열질환 외래, 입원, 사망, 감시체계 입원, 응급실 방문 입원 등은 자료의 형태와 기간에 따라 다르다. 전국 대비 비율로 환산해 보았을 때, 경기 지역에서 가장 많은 온열질환자가 발생한 것을 알 수 있다. 그 뒤를 이어 전남, 경남이 따르고 있다. 질환자 발생은 인구에 비례할 수 있지만, 전남과 경남의 인구가 서울보다 많지 않음에도 질환자가 많이 발생한 것은 취약 인구가 다른 지역보다 많다는 것을 보여 준다(그림 6).

대구 지역은 전국에서 폭염이 가장 많이 발생한 곳이지만, 온열질환자의 발생은 서울, 부산, 경기, 전남, 경남보다 낮은 비율을 보인다. 하지만 사망자 분포는 다른 건강 결과에 비해 높은 비율을 보이고 있다. 대구시는 고온 노출이 잦아지면서 자체적으로 쿨루프, 가로수 등 녹음 확대와 열섬효과 저감 등을 통한 폭염 대응력을 높이고 있다. 온열질환으로 인한 입원, 외래, 응급실 방문은 사망에 비해 중증도가 낮아서 지자체의 이러한 대응 노력이 효과가 있는 것으로 판단된다. 하지만 사망은 개인의 사회경제적 요인, 건강 상태 등에 따라 결정될 수 있기 때문에 고온 노출에서 건강 영향이 나타났을 것으로 보인다.

온열질환이 기온과 어떤 연관성을 보이는지 살펴볼 필요가 있다. 건강보험공단 청구 자료를 통해 온열질환으로 인한 입원과 외래 환자 수

그림 6. 지역별 온열질환 사망 및 질환 발생률(%)



가 기온과 어떤 관련성이 있는지 검토하였다. 2011~2015 보험 청구 자료의 서울 지역 일별 청구 건수를 이용하였다. 열사병과 열피로를 포함한 고온 관련 질환으로 인한 입원은 25도 이상에서 급격히 증가하는 패턴을 보였고, 외래는 28도 이상에서 급격한 증가를 보였다. 입원과 외래 모두 역치기온 이전에는 기온과 연관성이 없는 것으로 나타났다. 입원과 외래가 역치기온을 보였으나, 감시체계에서 구축한 응급실 입원에서는 역치기온이 없었다. 기온 상승에 따라 응급실 방문도 급격히 늘어남을 보여 주고 있다(그림 7). 즉 온열질환으로 인한 응급실 방문은 기온과 선형적으로 증가함을 알 수 있다. 전국 대부분의 응

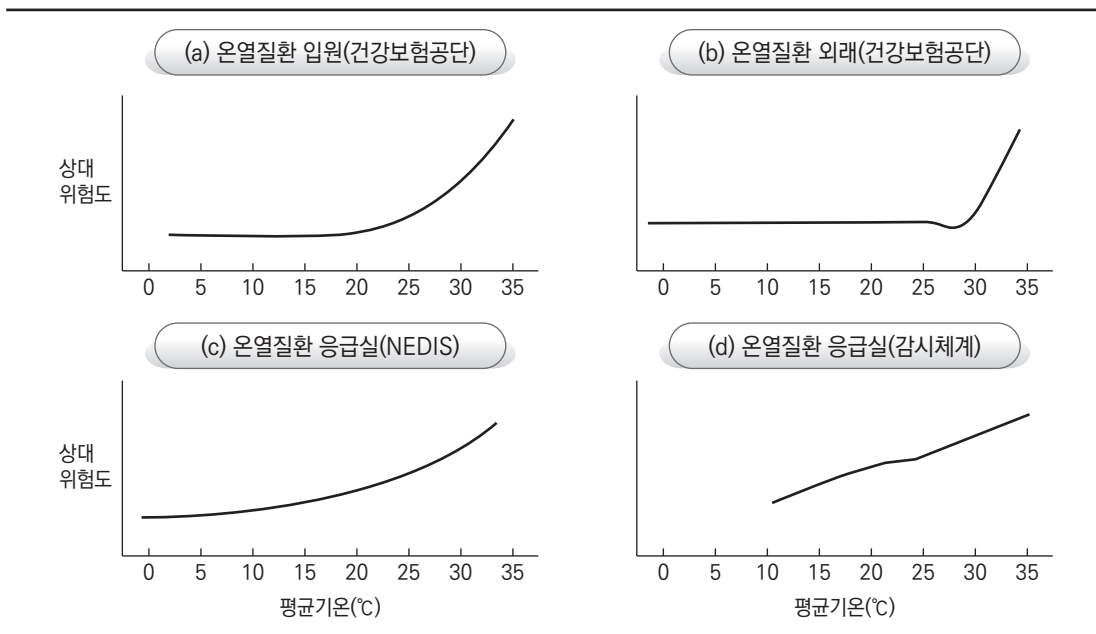
급실을 대상으로 한 NEDIS 응급실 방문 자료에서는 표본 감시체계 자료에 비해 기온 분포가 더 넓게 나타났다. 비선형성에 가깝지만 뚜렷한 역치기온 없이 기온 상승에 비례해 증가함을 보여 주고 있다.

다. 폭염으로 인한 그 외 질환

온열질환 외에도 폭염과 관련성이 높은 질환을 살펴보고자 한다. 앞서 언급하였듯이 폭염과 고온은 같은 맥락에서 이해되기 때문에 고온에 의한 건강 영향을 살펴보고자 한다.

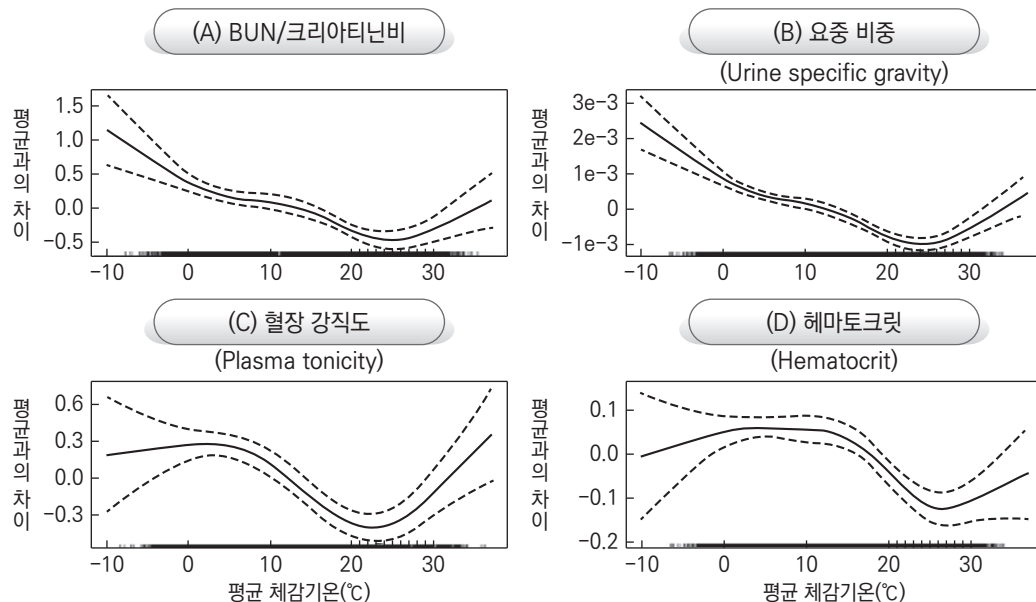
〈그림 8〉과 같이 고온과 저온은 체내 탈수 지

그림 7. 온열질환 발생과 일 평균기온의 연관성



자료: 국민건강보험공단. (2011~2015). 맞춤형 연구DB 중 보험청구자료.& 국가응급진료정보망(NEDIS). (2014~2016). NEDIS 응급실 방문자료.& 질병관리본부. (2011~2018). 온열질환 감시체계. 원자료를 이용해 분석함.

그림 8. 체내 탈수 지표와 기온의 연관성



자료: 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. *International Journal of Biometeorology*, 59(8), 1040. fig. 1.

표들과 관련성을 보인다. 이 결과는 고온과 저온에 의한 사망 위험도와 비슷한 연관성 패턴을 보여 주고 있다. 고온은 탈수를 동반하기 때문에 그로 인한 심혈관질환(Lim, Park, Kim, Kim, & Hong, 2015), 신장질환(Lim et al., 2018) 발생이 기온과 높은 연관성을 보였다. 또한 고온에서 세로토닌 변화로 인해 정신질환 발생 및 자살까지 증가함을 보여 주고 있다(Kim, C. T. et al., 2015; Kim, Y. et al., 2015). 그 외에도 다양한 질환들이 고온과 관련성이 있을 수 있으므로 더 많은 연구가 이루어져야 한다.

4. 질병에 대한 대응 방안

폭염 발생 시 어떤 계층이 더 취약한지, 대응면에서 미비한 점이 있는지를 파악하여 폭염으로 인한 피해를 줄이기 위한 근거를 마련할 필요가 있다.

중증도가 높은 열사병과 일사병 위주로 연령대별 건수를 비교하였을 때, 온열질환으로 인한 입원, 외래, 응급실 방문 등은 65세 미만에서 건수가 더 많았다. 하지만 사망자 수는 65세 이상에서 더 많았으며, 남녀 비교에서는 남자가 여자

보다 더 많은 질환 및 사망이 발생하였다(표 1). 응급실을 방문하는 환자들을 대상으로 조사한 결과, 열사병과 일사병 등 치명적인 온열질환 발생 시간과 내원 시간 간의 차이가 있음을 볼 수 있었다. 열사병과 일사병의 39%는 오전 10시~오후 2시, 38%는 오후 3~7시에 발생하였다. 내원 시간은 29%가 오전 10시~오후 2시, 43%가 오후 3~7시였다. 이는 내원과 발병 시간 간의 차이가 있음을 보여 준다(임연희, 2019, p. 59). 따라서 온열질환 발생 시 적극적으로 응급실 등의

의료기관을 이용하여 치료하고 안정을 취할 필요가 있다.

의료기관 이송까지 소요되는 시간은 내원 수단과도 연관성이 높음을 알 수 있다. 119 구급차(51%), 기타 자동차(30.4%)가 가장 많은 내원 수단이었는데, 119 구급차는 발병과 내원 시간 간의 차이가 평균 2.8시간인 반면 기타 자동차는 16.0시간으로 5배 이상 차이가 났다(임연희, 2019, p. 59). 동일한 중증 치료가 필요한 열사병과 일사병이지만, 온열질환의 응급성 및 처치에

표 1. 열사병 및 일사병(T67.0) 건수

자료원	연구 기간	건강 결과	그룹	건수
건강보험공단 맞춤형 DB 자료	(2011~2017년)	입원 건수	남	1,397
			여	840
			5~64세	1,253
			65세 이상	984
		외래 건수	남	8,639
			여	6,921
			5~64세	11,234
			65세 이상	4,326
		응급 건수	남	1,832
			여	857
			5~64세	1,887
			65세 이상	802
NEDIS 응급실 자료	(2014~2016년)	응급실 방문 건수	남	1,048
			여	497
			5~64세	1,014
			65세 이상	531
통계청 자료	(2011~2016년)	통계청 사망 건수	남	137
			여	90
			5~64세	70
			65세 이상	157

자료: 임연희. (2019). 취약계층 맞춤형 폭염피해 위험 진단기술 개발. p. 50. 표 3.7.

대한 이해가 부족한 경우가 많은 것으로 보인다.

폭염주의보의 일괄적인 기준 온도도 취약계층 대응에 제한점일 수 있다. 지역마다 배경 온도가 다른 상황에서 일괄적으로 일 최고기온 33도를 기준으로 하는 것은 평균적으로는 맞지만, 각 지역의 취약계층을 고려하면 보완되어야 하는 사항이다. 캐나다의 온타리오주는 폭염 피해 정보를 세 개로 구분해서 시행하고 있다. 예를 들면 최남단, 최북단, 그 외 중간지역으로 나눠 지역의 배경 온도에 맞는 폭염경보를 보내고 있다 (Ontario Ministry of Health and Long-term Care, 2019). 온타리오주의 경도상 길이가 우리나라의 2배가량 된다는 점을 감안하더라도 지금의 폭염경보는 지역의 배경 온도를 고려하지 못하고 있다. 예를 들면 가장 더운 대구와 배경 온도가 전반적으로 낮은 강원도를 비교하였을 때, 같은 33도를 기준으로 하면 대구에는 경보가 너무 자주 발생하고, 강원도에는 덜 발생할 수 있다. 지역마다 역치기온을 산출하고 지역별 폭염 경보를 개발하여 폭염 피해를 줄이는 노력을 할 필요가 있다.

5. 나가며

폭염으로 인한 건강 영향을 국내외의 다양한 자료를 이용하여 비교 분석하였다. 그 결과 폭염 피해는 온열질환에서는 명백하며, 그 외 신장, 심장, 정신질환에까지 영향을 주고 있음을 알 수 있었다. 하지만 더 많은 연구를 통하여 폭염의 간접적인 영향을 받는 질환을 규명할 필요가 있다. 더

나아가 폭염 피해를 줄이기 위하여 온열질환의 적극적인 치료가 이루어질 수 있도록 폭염 피해의 시급성을 국민에게 알릴 필요가 있다. 폭염경보의 기준 기온을 지역별로 다양화하여 폭염 피해를 적극적으로 예방하여야 한다. ■

참고문헌

- 기상청. (2016). 2015년 이상기후 보고서. 서울: 기상청.
- 기상청. (2019). 기상청 폭염일수. <https://data.kma.go.kr/climate/heatWave/selectHeatWaveChart.do>에서 2019. 2. 27. 인출.
- 이재윤. (2014). 북미는 혹한·남미는 폭염·유럽은 포근·동남아 한파. 연합뉴스, p. 1. <https://www.yna.co.kr/view/AKR201401070508000009?section=search>에서 2019. 2. 27. 인출.
- 임연희. (2019). 취약계층 맞춤형 폭염피해 위험 진단기술 개발. 울산: 국립재난안전연구원. (발표 예정)
- 홍윤철. (2019). 폭염한파로 인한 급만성질환 및 사망률 예측 연구. 오송: 질병관리본부. (발표 예정)
- Gasparrini, A. (2011). Distributed Lag Linear and Non-Linear Models in R: The Package dlnm. *J Stat Softw*, 43(8), 1-20.

- Kim, C. T., Lim, Y.-H., Woodward, A., & Kim, H. (2015). Heat-attributable deaths between 1992 and 2009 in Seoul, South Korea. *Plos One*, 10(2), e0118577.
- Kim, H., Ha, J.-S., & Park, J. (2006). High temperature, heat index, and mortality in 6 major cities in South Korea. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 61(6), 265-270.
- Kim, Y., Kim, H., Honda, Y., Guo, Y. L., Chen, B.-Y., Woo, J.-M., & Ebi, K. L. (2015). Suicide and ambient temperature in East Asian countries: a time-stratified case-crossover analysis. *Environmental Health Perspectives*, 124(1), 75-80.
- Lee, W.-H., Lim, Y.-H., Dang, T. N., Seposo, X., Honda, Y., Guo, Y.-L. L., . . . Kim, H. (2017). An investigation on attributes of ambient temperature and diurnal temperature range on mortality in five East-Asian countries. *Scientific Reports*, 7(1), 10207.
- Lim, Y.-H., Ohn, I.-S., & Kim, H. (2013). HEAT: Health Effects of Air Pollution and Temperature (HEAT).
- 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. *International Journal of Biometeorology*, 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. *Science of The Total Environment*, 616, 1134-1138.
- Madrigano, J., McCormick, S., & Kinney, P. L. (2015). The two ways of assessing heat-related mortality and vulnerability. *American Journal of Public Health*, 105(11), 2212.
- Ontario Ministry of Health and Long-term Care. (2019). A Harmonized Heat Warning and Information System for Ontario (HWIS) Retrieved March 12, 2019, from http://www.health.gov.on.ca/en/common/ministry/publications/reports/heat_warning_information_system/heat_warning_information_system.aspx
- Stocker, T., Qin, D., Plattner, G., Tignor, M., Allen, S., Boschung, J., . . . Midgley, P. (2013). IPCC, 2013: summary for policymakers in climate change 2013: the physical science basis, contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate

change. In: Cambridge University Press,
Cambridge, New York, USA.

Wilson, L. A., Morgan, G. G., Hanigan, I.
C., Johnston, F. H., Abu-Rayya, H.,
Broome, R., . . . Jalaludin, B. (2013).
The impact of heat on mortality and
morbidity in the Greater Metropolitan
Sydney Region: a case crossover
analysis. *Environmental Health*, 12(1),
98.