

폭염의 건강영향을 완화하기 위한 지역사회 보건사업의 효과 평가

채 수 미
(한국보건사회연구원)

김 남 순
(한국보건사회연구원)

윤 석 준*
(고려대학교)

본 연구의 목적은 지역사회에서 수행하고 있는 보건사업이 폭염으로 인한 열성질환의 위험을 완화하는 데 효과적으로 기여하는가를 평가하는 것이다. 이를 위하여 폭염 대응 보건사업의 수행 정도에 따라 열성질환의 위험과 적응 수준이 다르게 나타나는지 비교하였다. 먼저 보건사업의 정량적 수행 정도를 측정하기 위하여 지표를 개발하여 적용하였으며, 정성적 수행 정도를 측정하기 위하여 사업담당자의 자가평가를 활용하여 점수를 산출하였다. 다음으로 폭염으로 인한 열성질환의 위험도는 일반화 부가모형(Generalized additive model, GAM)을 활용하였다. 최종적으로 폭염 대응 보건사업의 효과를 평가하기 위하여 보건사업 수행정도에 따라 기온증가로 인한 외래 의료이용의 위험이 증가하기 시작하는 시점의 기온과 기준 기온 이후에서의 열성질환의 발생위험을 비교하였다. 연구 결과, 사업 수행 정도가 높은 지역들은 역치기온이 높게 나타나, 보건사업이 폭염의 직접적인 건강영향인 열성질환에 대한 적응역량을 강화시키는 데 기여하고 있는 것으로 보인다. 그러나 고온에서는 사업 수행 정도와 관계없이 모든 지역에서 위험도가 급격히 증가하여, 고온에서 일어나는 위험을 완화하기 위한 추가적인 대책이 필요하다.

주요용어: 폭염, 기후변화, 적응, 보건사업

이 연구는 제1저자(채수미)의 박사학위 논문의 일부를 수정·보완한 것이다.

* 교신저자: 윤석준, 고려대학교(yoonsj02@korea.ac.kr)

■ 투고일: 2016.7.26 ■ 수정일: 2016.9.7 ■ 게재확정일: 2016.9.12

I. 서론

기후변화에 대응하는 국제사회의 움직임은 최근 20년 사이에도 크게 변화하였다. 지난 해(2015년) 파리 협정에 참여하였던 국가 모두가 온실가스 감축에 동참하게 된 것은 주요 선진국만의 책임을 강조하였던 1997년 교토의정서와 상당한 차이이다(이재운, 2015). 이러한 변화는 기후변화에 대한 부정적인 전망을 바탕으로 하고 있다. 인간이 온실가스를 배출하지 않는다 할지라도 지구 온난화는 심화될 것으로 예측되는데, 기온이 산업화 이전과 비교해 1~4℃ 증가하면, 그린란드 빙하가 손실되어 해수면이 최대 7m까지 상승하게 되는 상황을 초래하게 된다(기상청, 2014, p.16).

한반도의 기온은 과거(1971~2000년)에 비해 21세기 말(2071~2100년)에 2.6~4.8℃ 까지 상승할 것으로 예측되는데, 이것은 전 지구 기온보다도 크게 상승하는 것이다. 일 최고기온 33℃ 이상인 폭염일은 현재 연평균 9.2일 정도 이지만, 21세기 후반에는 시나리오별로 18.9~56.7일까지 증가할 것으로 예측된다(국립기상연구소, 2012, p.73). 따라서 잠재적 위험이 발생할 수 있는 분야와 요인을 분석하여 향후 기후변화가 건강에 미치는 영향을 최소화해야 한다(Portier et al., 2010, p.59). 이미 국내에서는 기후변화로 인하여 폭염, 기상재해, 감염병 등 다양한 분야에서 건강 문제가 일어나고 있음이 입증되어 왔고, 특히 폭염으로 인한 열성질환, 사망, 심혈관 질환 등의 위험 수준을 밝히는 연구가 다수 보고되어 왔다(홍지형 등, 2015, pp.220-222).

그런데 기후변화로 인한 건강 문제는 국가나 지역에 따라 큰 차이가 있음을 고려해야 한다. 즉 한 국가 안에서도 지역의 물리적 환경 문제, 사회구조, 적응 역량에 따라서 기후변화에 민감한 건강 문제의 양상은 지역사회마다 다르다는 것이다(Maibach, Chadwick, McBride, Chuk, Ebi & Balbus, 2008, p.2). 또한 지역사회를 구성하는 인구 집단의 인구·사회학적 특성과 생활습관, 인구집단의 적응력과 지역의 적응대책에 따라서도 차이가 나타날 수 있다(Michelozzi et al., 2006, p.421; Tong, Wang & Barnett, 2010, p.1). 이처럼 기후변화로 인한 건강 영향이 지역에 따라 차이가 있기 때문에, 지역에서 국가단위의 일반적인 기준을 적용하는 것이 편리할 수는 있을지라도, 지역에서 나타나는 다양한 상황의 위험을 똑같이 효과적으로 예방하기는 어렵다(Martinez, Imai & Masumo, 2011, p.4576). 기후변화에 대한 적응은 일반적인 방법이 아닌 정해진 인구집단과 지역에 특화할 때 효과가 크다(Walker, Hassall, Chaplin, Congues,

Bajayo & Mason, 2011, p.11). 이와 같은 배경에서 기후변화로 인한 건강 문제에 대응하는 노력은 하부 지역단위인 기초지자체 수준에서 논의될 필요가 있다. 지역사회가 기후변화로 인한 건강 문제의 예방 혹은 최소화 관점에서 적응 전략을 추진하는 주체가 되어야 하며, 지역주민을 대상으로 한 정보제공, 예방과 치료 등을 효과적으로 추진하는 대응 체계를 구축해야 한다.

특히 폭염으로 인한 질병에 관심이 증가하면서 장단기 보건사업에 대한 요구가 커지고 있다(Bassil et al., 2007, p.4). 국내에서도 그동안 폭염 대응이 주로 단기적으로 이루어져 왔던 문제점을 인지하고, 중장기적이고 체계적인 정책 수립에 대한 고민이 나타나고 있다(최지혜, 하종식, 2015, p.22). 또한 기존의 사업이 실효성을 갖도록 개선되어야 한다는 지적도 있었다(김은영, 전성우, 이정원, 박용하, 이동근, 2012, p.77). 이러한 상황에서 보건 및 환경 분야 정책입안자, 사업 시행 담당자는 어떤 사업이 가장 적절한지, 언제, 어떻게 시행되어야 하는지를 결정해야 한다. 의사결정을 위해서는 현재 시행되고 있는 사업이 어떻게 구성되어 있으며, 그 효과는 무엇인지 알아야 하는데, 보건사업의 효과에 대한 정보가 부족한 상황이다(Bassil et al., 2007, p.12).

지금까지 대부분의 연구가 기온과 건강과의 관계를 측정하고, 취약 인구집단을 파악하고, 기후변화 시나리오에 따른 미래 건강 영향을 예측하는 것에 집중해 왔다. 앞으로는 기온변화로 인한 건강 위험을 최소화하는 방법에 대한 연구, 기온의 건강효과를 파악하는 장기 전략에 대한 고민이 충분히 이루어져야 한다(Ebi, 2011, p.927). 뿐만 아니라 인구집단의 건강상태, 사회적, 문화적, 경제적 여건이 변하고, 폭염에 적응하는 인구집단의 적응 역량도 점차 향상되기 때문에, 폭염 대응 전략을 상황에 맞게 조정하기 위해서 현재의 사업은 지속적으로 평가되어야 한다(Montero, Mirón, Criado, Linares & Díaz, 2010, p.1549).

따라서 본 연구에서는 폭염 대응 보건사업이 지역사회에서 직면하고 있는 폭염으로 인한 열성질환의 위험을 완화하는 데 효과적으로 기여하는가를 평가하고자 하였다. 즉 지역사회 폭염 대응 보건사업이 폭염으로 인한 건강 영향에 대응할 수 있도록 적절하게 수립된 것이라면, 그 사업들의 수행 정도가 높은 지역에서 건강 문제가 적을 것이라는 가설을 검증하고자 한다. 가설을 검증하기 위한 세부 목적은 첫째, 폭염 대응 보건사업의 수행 정도가 지역에 따라 차이가 있는지 측정하고, 둘째, 지역의 폭염으로 인한 열성질환의 위험 및 적응 수준을 분석하여, 셋째, 폭염 대응 보건사업의 수행 정도에 따라 열성질환의 위험 및 적응 수준이 다르게 나타나는지 비교하는 것이다.

II. 연구 방법

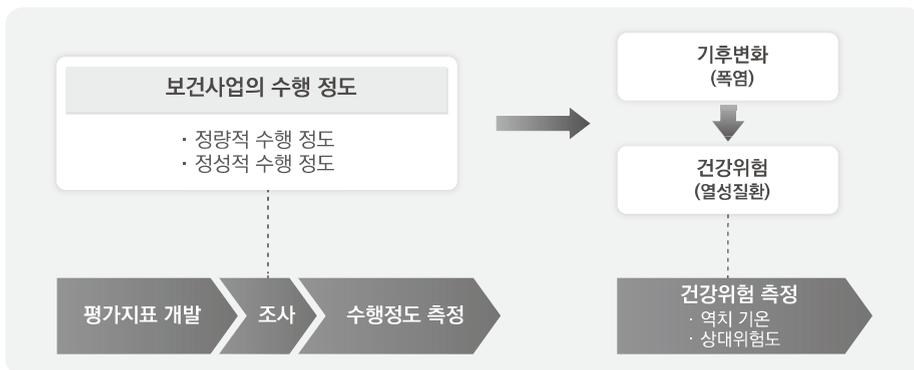
1. 연구 설계

보건사업의 수행 정도가 높은 지역이 낮은 지역보다 폭염으로 인한 열성질환의 위험이 적은지를 평가하기 위하여, 보건사업의 수행 정도와 폭염으로 인한 건강 위험을 측정하여 그 결과를 비교하였다.

보건사업의 수행 정도는 정량적, 정성적 측면의 성과를 파악하기 위한 평가지표를 개발하여 점수화하였다. 정량적 성과는 해당 사업의 실적을 기반으로 하였으며, 정성적 성과는 Weiss의 변화이론(Theory of Change)의 틀에 따라 파악하였다.

사업의 결과로서 열성질환은 두 가지 지표로 측정하였다. 열성질환 발생 위험이 증가하는 기온의 수준인 역치기온과 기온 증가에 따른 열성질환의 상대위험도이다(그림 1).

그림 1. 연구의 틀



2. 대상지역 선정

본 연구에서는 보건사업의 수행 정도와 열성질환 위험 간의 관계를 개인이 아닌 지역 단위에서 평가한다. 그런데 이 관계는 하나의 분석 모형 내에서 파악해내기 어렵다. 기온상승으로 인한 열성질환의 위험을 측정하는 분석모형이 각 지역별로 형성되기 때문이다. 그렇기 때문에 보건사업의 수행 정도 이외에 내생성을 일으키는 다른 설명변수들이 하나의 측정모형으로 구축될 수 없다. 따라서 몇 가지 기준에 따라 성격이 비슷한

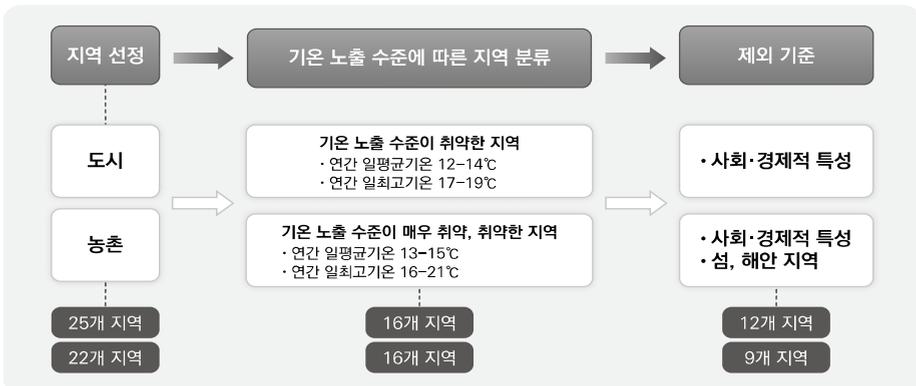
지역을 선정함으로써 내생성의 강도를 줄이고자 하였다.

대상지역은 크게 세 가지 측면을 고려하여 선정하였다. 첫째로 보건사업을 이행하는 데 영향을 미칠 수 있는 지역의 특성을 고려하였다. 같은 보건사업이라 하더라도 사업을 시행하는 지역사회의 구성원 특성, 환경, 문화 등 여러 요인에 따라 효과가 다르게 나타날 수 있기 때문이다. 따라서 도시와 농촌의 특성을 반영할 수 있도록 각각 1개의 시도를 정하였다. 두 번째 측면은 고온에 노출된 정도이다. 지역사회의 기후변화 적응 대책이 매우 초기 단계인 점을 고려하여, 기후변화 문제에 보다 민감하고 적극적으로 대응할 것으로 생각되는 지역을 선정하고자 하였다. 기후변화 정보센터의 RCP8.5 시나리오를 적용한 2011~2012년의 기온 현황을 근거로, 연간 일평균 및 일최고기온의 평균이 높았던 지역으로 제한하였다. 셋째, 사회·경제적 특성에서 차이가 나타나는 지역을 제외하기 위하여, 65세 이상 고령자 비율, 외국인 비율, 장애인 비율, 재정자립도, 보건소 직원 1인당 관할인구수, 인구천명 당 의사 수(의사, 치과의사, 한의사), 국민기초생활보장 수급자 비율, 일반회계 중 복지예산 비율을 비교하였다. 농촌 지역의 경우 사회·경제적 특성뿐 아니라 해안 기후의 특성이 반영될 수 있는 해안 및 섬 지역을 제외하였다. 최종적으로 분석에 포함된 12개 도시지역과 9개 농촌지역은 다음과 같다(그림 2).

도시: 강동구, 강서구, 광진구, 구로구, 동대문구, 동작구, 마포구, 성동구, 성북구, 양천구, 영등포구, 용산구

농촌: 경상북도 고령군, 성주군, 예천군, 의성군, 청도군, 청송군, 경상남도 의령군, 창녕군, 합천군

그림 2. 대상 지역 선정 과정



3. 분석 자료

가. 보건사업 수행 정도 측정 자료

보건사업의 수행 정도를 정량적으로 측정하기 위하여, 사업 실적을 조사하였다. 조사 대상 사업은 보건복지부의 「폭염 대응 건강관리 매뉴얼」에서 기초지자체가 수행하도록 하고 있는 경우이다.

사업의 정성적 측면을 측정하기 위하여, 변화이론의 틀에 따라 평가표를 개발하고 사업 담당자가 자가 평가하도록 하였다. 보건사업의 효과를 평가하는 것은 상당히 복잡하다. 보건사업의 적용을 받는 대상자들이 동시에 여러 가지 서비스를 받고 있어 사업의 인과관계를 파악하기 어렵고, 보건사업의 적용을 받지 않는 대조군을 찾기 어렵기 때문이다. 이와 같은 상황에서 전통적인 무작위시험으로 사업의 효과를 평가하는 것은 적절하지 않으므로, Weiss가 새로운 평가모델로서 변화이론을 제안하였다(Sototo & Cosler, 2008, p.521). OECD에서도 기후변화 적응 사업 평가 방법론으로서, 사업으로 인한 변화와 변화가 일어나기까지의 다양한 경로를 파악할 수 있는 변화이론을 적용하도록 제안하고 있다(Dinshaw, Fisher, McGray, Rai & Schaar, 2014, p.13).

이와 같은 두 가지의 사업 수행 정도를 조사하기 위하여, 질병관리본부 기후변화대응 TF팀의 협조를 받아 2012년 6월 25일부터 7월 6일까지 방문조사를 시행하였다. 보건소와 구(군)청의 각 사업 담당자가 2011년의 사업 실적과 조사 시점에서 사업의 정성적 측면에 대한 자가 평가표를 직접 작성하도록 하였다.

나. 열성질환으로 인한 의료이용 자료

본 연구에서는 폭염의 직접적인 영향으로 나타날 수 있는 열성질환을 대상으로 하였다. 국민건강보험공단 청구 자료에서 2003년부터 2011년 사이 하절기(5~9월)에 주, 부상병 코드가 외래에서 열성질환인 경우(T67)를 모두 추출하였다. 자료에는 응급실을 방문하여 당일 퇴원한 경우가 포함되어 있다. 일자별 환자수를 파악하기 전에 명세서 단위의 자료를 진료 에피소드 단위로 조정하였다. 이전 명세서의 진료 종료 날짜와 다음 명세서의 진료 개시 날짜가 1일 차이인 경우를 동일한 진료 에피소드로 정의하였으며,

일별 진료 에피소드의 수를 일별 환자발생수로 간주하였다.

다. 기상 자료

기상자료는 기상청의 응용 기후변화 자료를 이용하였다. 본 분석에서는 현재 추세로 (저감 없이) 온실가스가 배출되는 경우를 가정한 RCP 8.5 시나리오로 예측한 일최저기온, 일평균기온, 일최고기온을 추출하였으며, 기온의 영향과 관련성이 높은 상대습도를 포함하였다.

4. 분석방법

가. 보건사업의 수행 정도 측정

지역사회에서 수행하고 있는 폭염 대응 보건사업 운영 실적을 평가하기 위하여 지표를 개발하였다. 평가영역은 6개로 구성하였으며, 각 영역별로 10점씩 부여하여 60점 만점이 되도록 하였다. 지역의 사업 효과는 6개 영역의 모든 사업이 동시에 작동하여 나타나는 결과이며, 우리나라 기초지자체의 적응 대책이 기초 단계이기 때문에 어떤 특정 사업에 대해 중요도를 판단하는 것은 적절하지 않다. 사업 수행 정도 측정의 목적이 바람직한 기준에 부합하는가가 아니라 지역 간 편차가 어느 정도인가를 구분하기 위한 것이므로, 모든 평가영역의 배점을 같게 하였다. 세부 지표에 대한 배점은 기본적으로 극한값에 영향을 덜 받는 사분위수를 적용하되, 적절하지 않은 경우 분위를 더 세분화하거나 평균 및 표준편차를 이용하였다. 다만 현실적인 시행 여건을 반영하여 일부 세부 지표의 점수를 조정하였다(표 1).

이와 같은 과정은 사업담당자와 관련 전문가의 의견수렴을 통해 타당도와 신뢰도를 높이고자 하였다. 기초지자체의 사업담당자와 개별적인 면담을 통해, 평가 영역과 세부 지표가 「폭염 대응 건강관리 매뉴얼」의 모든 사업을 반영하고 있는가, 통합 및 연계하여 시행되는 사업들의 경우 사업의 양이 중복, 누락되어 평가될 가능성이 있는가를 파악하였다. 특히 지역의 특성과 여건에 따라 수행의 양에 차이가 나타나거나, 차별화하여 시행하는 사업이 있는지 등 현장의 상황이 반영될 수 있도록 도시지역과 농촌지역의

사업담당자의 의견을 각각 수렴하였다. 최종적으로 평가 영역과 세부 지표의 평가기준은 기후변화와 보건사업 평가 연구 경험이 있는 관련 전문가의 검토를 거쳤다.

표 1. 보건사업 수행 정도 측정을 위한 평가 영역 및 지표

영역	지표	점수	평가기준
조직 및 인력 (10점)	거버넌스	5	보건소와 구(군)청 모두 책임 부서 있음: 5점 보건소 또는 구(군)청에 책임 부서 있음: 3점 책임 부서 없음: 0점
	인력 수	5	4/4분위수 이하: 5점 3/4분위수 이하: 3점 2/4분위수 이하: 1점
무더위 쉼터 (10점)	65세 이상 인구 대비 무더위쉼터 수용력	4	평균+1표준편차 이상: 4점 평균+1표준편차 이하: 3점 평균 이하: 2점 평균-1표준편차 이하: 1점
	에어컨 시설이 구비된 무더위 쉼터의 비율	4	4/4분위수 이하: 4점 3/4분위수 이하: 3점 2/4분위수 이하: 2점 1/4분위수 이하: 1점
	야간 개방	2	운영함: 2점 운영하지 않음: 0점
홍보 활동 (10점)	홍보활동의 다양성	5	4/4분위수 이하: 5점 3/4분위수 이하: 3점 1/4분위수 이하: 1점
	홍보사업의 횟수	5	5/5분위수 이하: 5점 4/5분위수 이하: 4점 3/5분위수 이하: 3점 2/5분위수 이하: 2점 1/5분위수 이하: 1점 없음: 0점
폭염 정보전달체계 (10점)	국가폭염경보 발령 시 지역주민 대상 정보 전달 횟수	10	5/5분위수 이하: 10점 4/5분위수 이하: 8점 3/5분위수 이하: 6점 2/5분위수 이하: 4점 1/5분위수 이하: 2점

영역	지표	점수	평가기준
폭염도우미 (10점)	폭염도우미 당 수혜자 수	4	4/4분위수 이하: 1점 3/4분위수 이하: 2점 2/4분위수 이하: 3점 1/4분위수 이하: 4점
	폭염도우미 대상 교육 실시 횟수	3	5/5분위수 이하: 3점 2/5분위수 이하: 1점 없음: 0점
	수혜자 1인당 폭염도우미 활동 횟수	3	4/4분위수 이하: 3점 3/4분위수 이하: 2점 1/4분위수 이하: 1점
무더위 휴식시간제 및 기타 (10점)	무더위 휴식시간제 운영	3	있음: 3점 없음: 0점
	지역 내 폭염경보시스템 운영	4	있음: 4점 없음: 0점
	기타	3	있음: 3점 없음: 0점

정성적 평가 영역은 변화이론의 틀에 따라 세 개의 영역으로 구성하였다. 첫 번째 영역은 변화이론의 주요 구성요소 중 가정과 대상에 대한 것으로, 지역에서 수행하고 있는 폭염 대응 보건사업이 중요한 문제로 다루어지고 있는지, 그리고 대상 집단의 특성을 파악하여 기획되었는지에 대한 평가로서, 4개 지표가 포함된다. 두 번째 영역은 변화이론의 전략에 대한 것으로, 지역에서 수행하는 폭염 대응 보건사업의 사업 수행 과정, 방법, 자원 활용 등이 폭염으로 인한 건강 영향을 완화하는 데 적절한지를 평가할 수 있는 12개 지표가 포함된다. 세 번째는 사업이 추구하는 장기적인 변화에 대한 평가로서, 지역의 사업 수행 이후 계획한 목적이 달성되었는지 결과를 측정하고 모니터링 하는 것에 대한 평가로, 4개 지표로 측정하였다. 각각의 평가지표에 대해 ‘매우 그렇지 않다’를 1점, ‘매우 그렇다’를 2점, ‘그렇다’를 3점, ‘매우 그렇다’를 4점으로 부여하였다. 정량적 평가에서와 같이 특정 평가항목에 가중치를 부여하지 않았으며, 20개 평가지표가 모두 최고점일 경우 80점이 되도록 하였다.

폭염 대응 보건사업을 평가하기 위한 정량적, 정성적 평가간의 관련성을 파악하기 위하여 비모수 상관분석을 실시하였으며, Spearman Rank Correlation Coefficient와 Kendall's Tau로 유의성을 검정하였다. 도시와 농촌 간 사업 수행 정도의 차이는

Wilcoxon Rank Sum Test로 비교하였다. 분석은 SAS Software 9.3을 이용하였다.

나. 폭염으로 인한 열성질환의 위험 측정

본 연구에서는 기온의 증가가 열성질환으로 인한 의료이용에 미치는 영향을 분석하기 위하여, 일반화 선형모형(Generalized Linear Model, GLM)의 준모수 버전인 일반화 부가모형(Generalized Additive Model, GAM)을 활용하였다(Keele, 2008). 반모수적인 포아송 회귀분석의 일종인 GAM은 기후변화로 인한 건강 영향 평가에서 일반적으로 적용되는 모형이다. 이 분석 방법은 인구집단 단위의 분석으로, 성, 연령 등과 같은 각 개인의 차이는 고려하지 않는다(박정임, 2008, p.61).

본 분석에서는 반응변수의 기댓값이 포아송분포를 따른다고 가정하고, 연결함수를 로그함수로 적용하였으며, 분석 모형은 다음과 같이 요약할 수 있다.

$$\log(E(\text{질병에 피소드})) = \beta_0 + \beta_1(\text{기온}) + \beta_2(\text{연도}) \\ + \beta_3(\text{요일}) + S(\text{습도}, df = 4)$$

기온변수로는 일평균기온을 사용하였으며, 해당 기간 동안 환자수가 자연적으로 증가하는 장기적 추세와 특정 요일에 의료이용이 많은 것을 고려하여 연도는 Factor변수로 요일은 Dummy 변수로 보정하였다.

한편 일반화 부가 모형은 Case-Crossover와 함께 설명변수와 결과변수 간의 관계에 영향을 미치는 데이터의 계절성을 보정하는 데 유용하다(Barnett & Dobson, 2010, pp.138-139). 본 모형에서는 기온이 습도와 복합적인 작용으로 계절성을 갖기 때문에, 기온과 질병발생과의 관계를 파악하는 데 영향을 미칠 수 있다. 습도는 체감온도를 결정하는 중요한 요소로서, 한반도의 여름 기후에서 습도는 중요한 요인으로 작용한다(최경희, 2011, p.31). 따라서 모형에 일평균 습도를 평활함수로 포함하였다.

폭염으로 인한 열성질환의 위험은 두 개의 지표로 살펴보았다. 하나는 기온상승에 따른 질병 발생의 위험도가 증가하기 시작하는 기온의 수준, 즉 역치기온이고, 다른 하나는 역치기온 이후에서의 기온 1°C 상승에 따른 질병발생의 위험도이다. 여기에서 열성질환의 위험은 당일 기온의 영향으로 제한하였다. 역치기온은 Akaike's Information Criterion(AIC)

값을 활용하여 추정하였다. 1°C 상승에 따른 질병발생의 위험도는 AIC 값을 활용하여 산출한 역치기온 이후에서의 위험도를 추정하여, 각 지역별로 나타나는 건강 문제의 크기를 파악하였다. 이와 같이 추정된 질병발생의 위험도는 지역별로 각각 다른 기온 수준 이상에서의 위험도이므로, 역치기온이 높은 지역의 질병발생 위험도는 상대적으로 고온에서 나타나는 값이다. 따라서 21개 대상지역의 상위 75 퍼센타일에 해당되는 일평균기온인 25.4°C 이상에서의 위험도를 함께 추정하였으며, 이것은 동일 역치 기온 이상에서의 위험도이므로 지역 간 건강 문제의 크기를 비교하는 것이 가능하였다.

분석에 필요한 질병 에피소드 자료의 구축과 기상자료 연결을 위하여 SAS software 9.3을 사용하였으며, 기온상승이 건강에 미치는 영향을 분석하기 위해 mgcv 패키지를 이용하여 R software version 3.0.0을 사용하였다.

다. 폭염 대응 보건사업의 효과 평가

보건사업의 효과를 평가하기 위하여 21개 기초지자체의 보건사업 수행 정도에 따라 첫째, 기온증가로 인한 열성질환의 발생위험이 나타나기 시작하는 역치기온을 비교하였다. 역치기온은 각각의 지역에서 기온이 증가함에 따라 열성질환으로 인한 외래 의료이용의 위험이 실제 증가하기 시작하는 시점의 기온이며, AIC값을 기준으로 산출한 것이다. 둘째, 기준 기온 이후에서의 열성질환의 발생위험을 비교하였다. 열성질환으로 인한 외래 의료이용의 위험도는 21개 대상지역의 상위 75퍼센타일 수준의 일평균기온인 25.4°C 이상에서 산출된 것이다.

III. 연구결과

1. 보건사업의 수행 정도

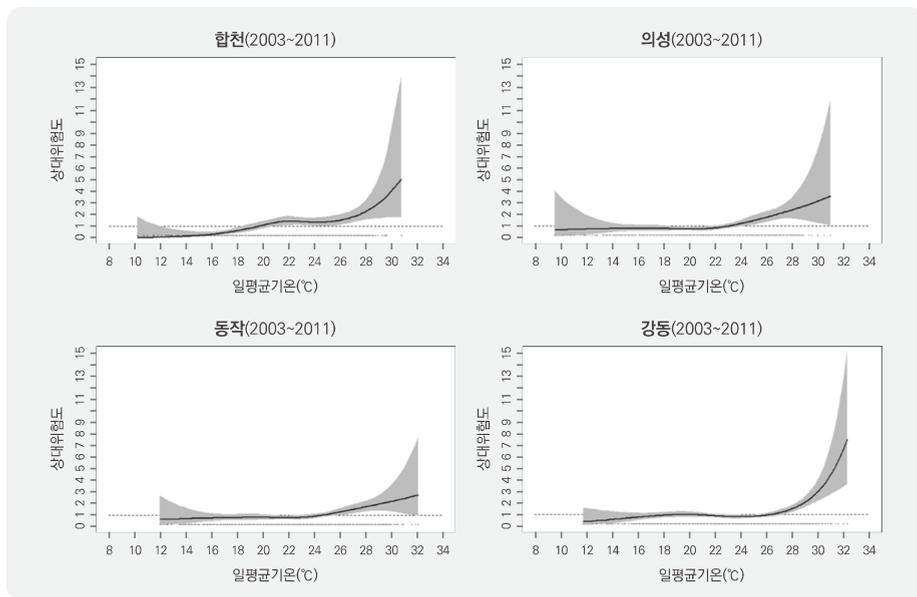
폭염 대응 보건사업의 정량적 수행 정도와 정성적 수행 정도의 관련성을 분석한 결과 Spearman Rank Correlation Coefficient는 0.31728로 p값이 0.1611이었으며, Kendall's

Tau는 0.23883이고, p값이 0.1426으로 귀무가설이 기각되었다. 즉 정량적 수행 정도가 높다고 하여 정성적 수행 정도가 높은 것은 아니었다. Wilcoxon Rank Sum Test를 이용하여 도시, 농촌 간 차이를 비교 분석 한 결과 정량적 수행 정도와 정성적 수행 정도에서 유의확률이 각각 0.6676, 0.9716로 귀무가설을 기각할 수 없었다. 즉 정량적, 정성적 측면에서 모두 도시와 농촌 간 사업 수행 정도의 차이가 없었다.

2. 폭염으로 인한 열성질환의 위험

지역사회에서 2003~2011년 사이 여름철 기온이 열성질환에 미치는 건강 영향은 뚜렷하게 나타났다. 농촌지역 중 청도군, 고령군, 성주군, 예천군은 열성질환으로 의료기관 외래를 방문했던 사례가 적어 기온과의 관련성이 신뢰하기 어려운 수준에서 나타났다. 그 밖의 17개 지역에서는 일평균기온이 증가할수록 열성질환으로 의료기관 외래를 방문할 위험이 높아졌으며, 고온에서는 위험도가 급격히 증가하는 완만한 J자 형태를 보였다(그림 3).

그림 3. 일평균기온과 열성질환과의 관계(2003~2011년)



기온과 열성질환과의 관련성은 어느 정도 기온이 상승했을 때 나타나기 시작하므로, 관련성이 나타나기 시작하는 기온 수준 이후의 위험도를 평가하는 것이 의미가 있다. 분석 결과 지역별로 역치기온과 역치기온 이후의 위험도에 차이가 있었다. 역치기온은 지역별로 일평균기온이 18.0℃~26.5℃ 사이일 때 나타났으며, 청송군과 합천군이 각각 18.0℃, 19.8℃로 낮았다. 역치기온이 높은 지역은 강동구와 성동구 두 지역으로, 일평균기온 26℃ 이상에서 기온의 영향을 보이기 시작하였다.

모든 지역에서 역치기온 이상에서 일평균기온 1℃ 증가 시 열성질환으로 인한 의료기관 외래 방문의 위험도가 5% 유의수준에서 유의하게 증가하였는데, 성동구는 10% 유의수준에서 유의하였다. 강서구, 광진구, 양천군, 합천군은 일평균기온 1℃ 증가 시 열성질환의 상대위험도가 각각 1.077, 1.058, 1.088, 1.074로 다른 지역과 비교하여 낮은 편이었고, 강동구와 의령군은 각각 1.413, 1.424로 높았다.

그런데 역치기온과 기온으로 인한 질병의 위험도를 함께 살펴보면 더욱 흥미로운 해석이 가능하다. 역치기온이 높은 강동구와 성동구의 위험도는 큰 차이가 난다. 두 지역은 역치기온이 높기 때문에 질병의 위험도는 다른 지역에 비하여 보다 고온의 수준에서 산출된 위험도이다. 즉 강동구 지역 주민은 다른 지역에 비하여 높은 기온에 이르러 열성질환의 위험이 나타나기 시작하지만, 역치 이후의 고온에서는 상당히 높은 위험을 갖는다. 이에 반해 성동구는 강동구만큼 높은 기온에서 위험이 나타나면서, 그 기온 이후의 위험도가 완만하게 증가하므로 기온으로 인한 열성질환의 위험이 낮은 편에 속한다(표 2).

표 2. 지역별 기온 증가에 따른 열성질환의 위험도 및 역치기온(2003~2011년)

지역		역치기온	상대위험도 ¹⁾	95% 신뢰구간
도시	동대문구	23.4	1.132	(1.037-1.236)
	동작구	24.9	1.213	(1.090-1.350)
	강동구	26.5	1.413	(1.261-1.584)
	강서구	22.3	1.077	(1.031-1.126)
	구로구	21.1	1.187	(1.137-1.238)
	광진구	21.5	1.058	(1.012-1.106)
	마포구	22.4	1.117	(1.050-1.189)
	성북구	21.1	1.144	(1.086-1.205)
	성동구	26.1	1.156	(0.998-1.338)
	양천구	21.0	1.088	(1.035-1.144)
	영등포구	24.9	1.114	(1.059-1.172)
농촌	용산구	23.4	1.242	(1.094-1.409)
	창녕군	22.5	1.192	(1.111-1.279)
	청송군	18.0	1.175	(1.070-1.290)
	합천군	19.8	1.074	(1.009-1.142)
	의령군	24.9	1.424	(1.161-1.748)
	의성군	20.3	1.179	(1.108-1.256)

주. ¹⁾지역별 역치기온 이상에서 일평균기온 1℃ 상승에 따른 열성질환 외래환자 증가의 위험도

3. 폭염 대응 보건사업의 효과 평가

역치기온의 측면에서 살펴보면, 도시지역이 농촌지역보다 사업 수행 정도가 높지 않음에도 불구하고 역치기온이 높게 나타나 도시지역 주민의 열성질환에 대한 적응 능력이 높은 것으로 보인다(그림 4).

정량적 수행 정도가 높은 지역들은 역치기온이 높은 쪽에 분포하며, 낮은 지역들은 낮은 기온에서 열성질환의 위험이 시작되었다. 이러한 결과는 도시와 농촌에서 모두 확인할 수 있었다. 반면 정성적 수행 정도에 따라서는 그 효과가 분명하지 않았다(그림 5, 그림 6).

그림 4. 도시와 농촌의 역치기온

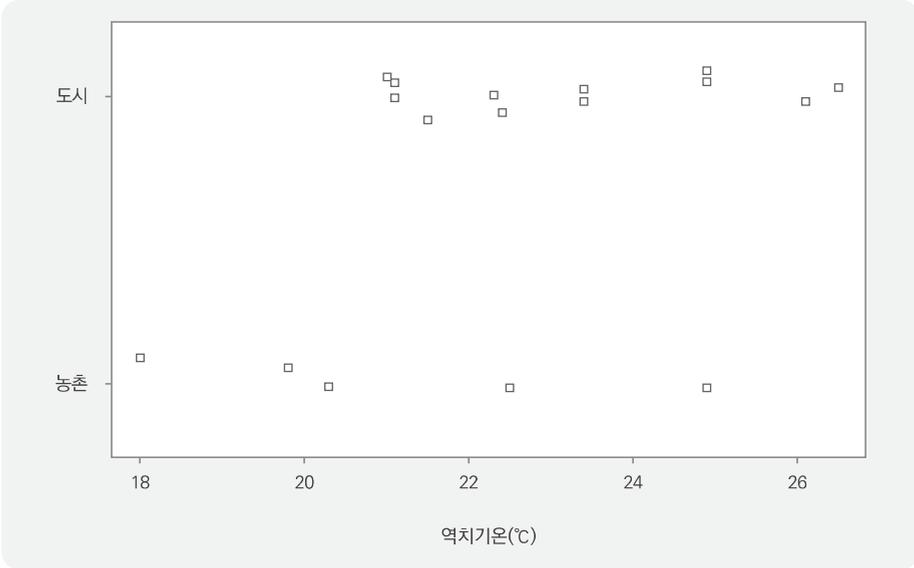


그림 5. 보건사업의 정량적 수행정도 수준별 역치기온

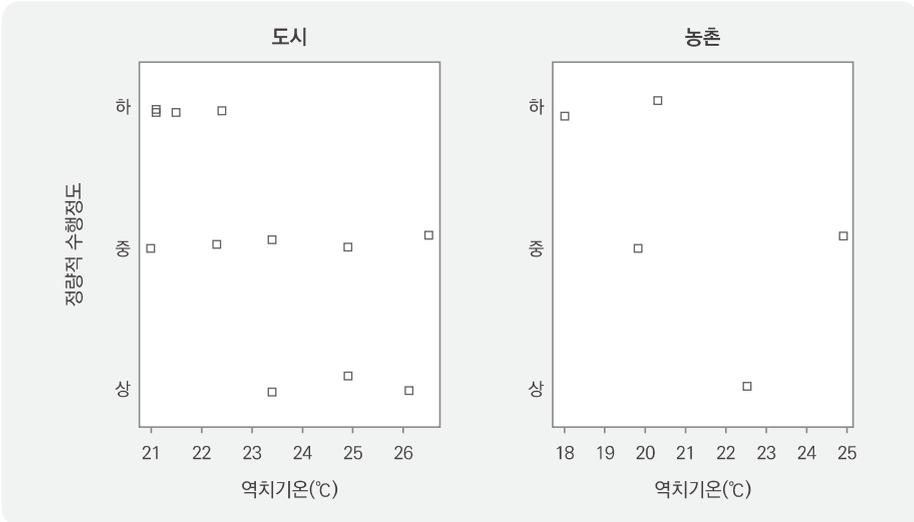
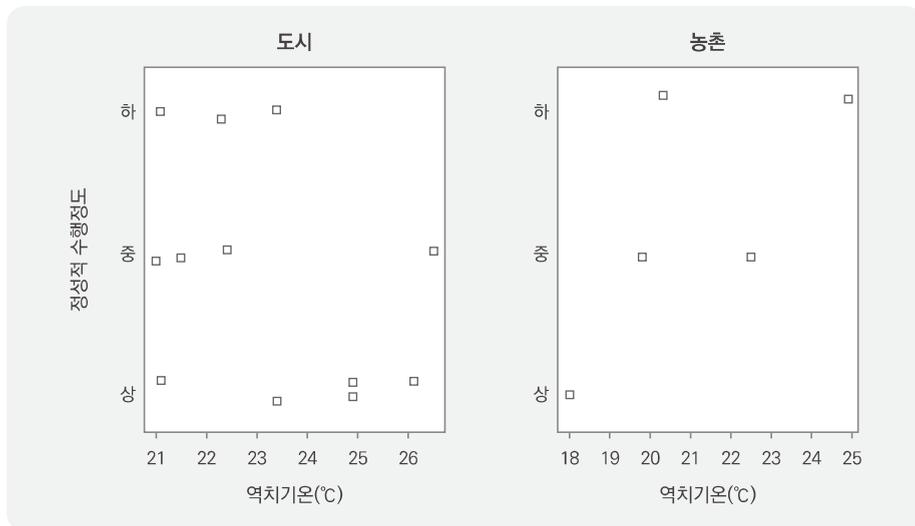


그림 6. 보건사업의 정성적 수행정도 수준별 역치기온



기온상승에 따른 열성질환의 위험도 측면에서 살펴보면 다음과 같다. 각 지역에서 실제 기온 증가에 따라 건강 문제가 시작되는 역치기온은 다르게 나타났기 때문에, 위험도의 비교는 동일한 역치기온을 적용하여 산출한 결과로 비교하였다. 역치기준은 21개 지역에서 일평균기온의 75퍼센타일 수준인 25.4°C로 하였다.

도시지역에서 정량적 및 정성적 평가점수가 모두 높은 4개 지역은 모두 낮은 5개 지역과 비교하여 역치기온이 높게 나타나서, 상대적으로 고온에서 적응할 수 있는 역량이 높은 것으로 나타났다. 그러나 기온 증가에 따른 열성질환 발생 위험은 평가점수가 높은 4개 지역에서 더 낮게 나타난 것은 아니었다.

농촌지역은 정량적, 정성적 평가점수가 모두 높은 지역과 모두 낮은 지역을 한 곳씩 선정할 수 있었는데, 높은 점수를 받은 창녕군이 낮은 점수를 받은 의성군보다 역치기온이 높았다. 25.4°C 이후에서 열성질환의 발생 위험은 의성군이 높기는 하지만, 비교대상이 적어서 이것이 사업 수행과 관련성이 있다고 해석하기는 어렵다(표 3). 즉 현재의 보건사업은 보다 높은 수준의 기온에서 적응하도록 하는 데 기여하고 있지만, 매우 높은 수준의 기온에서 발생하는 건강 영향을 완화시키는 데에는 효과적으로 작동하지 않는 것으로 설명할 수 있다.

표 3. 보건사업의 정량적, 정성적 수행정도 수준별 역치기온 및 열성질환의 위험도

(단위: °C)

구분	정량적, 정성적 수행정도	지역	역치기온(°C)	상대위험도 ¹⁾	(95% 신뢰구간)
도시	상	영등포구	24.9	1.117	(1.056-1.181)
		성동구	26.1	1.133	(1.001-1.281)
		용산구	23.4	1.243	(1.082-1.426)
		동작구	24.9	1.222	(1.084-1.378)
	하	구로구	21.1	1.239	(1.143-1.343)
		광진구	21.5	1.086	(1.002-1.177)
		마포구	22.4	1.175	(1.062-1.301)
		강서구	22.3	1.099	(1.014-1.191)
		동대문구	23.4	1.162	(1.037-1.303)
농촌	상	창녕군	22.5	1.184	(1.058-1.326)
	하	의성군	20.3	1.312	(1.089-1.581)

주: 1) 일평균기온 25.4°C 이상에서 기온 1°C 상승에 따른 열성질환 외래환자 증가의 위험도

IV. 고찰 및 결론

본 연구에서는 지역사회에서 수행하고 있는 폭염 대응 보건사업이 폭염으로 인한 열성질환의 위험을 완화시키는 데 효과적으로 작동하고 있는가를 평가하고자 하였다. 주요 연구결과와 정책적 시사점을 정리하면 다음과 같다.

연구의 첫 번째 목적은 폭염 대응 보건사업의 수행 정도가 지역에 따라 얼마나 차이가 있는지를 측정하는 것이다. 기초지자체의 사업 수행 정도를 정량적, 정성적인 측면에서 분석한 결과 도시와 농촌의 수행 정도가 통계적으로 차이가 없었다. 또한 정량적 평가와 정성적 평가 사이에 관계가 없었는데, 이것은 사업의 양이 충분하다는 것이 사업의 질과 연관되는 것은 아님을 의미한다. 지역에서는 국가단위에서 준비한 기준을 적용하는 것이 편리할 수는 있겠지만, 국가의 일반적인 기준이 다양한 상황에 처해 있는 지역의 위험을 예방하는 데 똑같은 효과를 갖기는 어렵다(Martinez, Imai & Masumo, 2011, p.4576). 이러한 관점에서 사업 담당자들은 사업의 정량적 측면에서 우수하다고 하여, 정성적으로도 충분하다고 판단하지는 않았던 것으로 보인다.

연구의 두 번째 목적은 지역사회의 폭염으로 인한 열성질환의 위험과 적응수준을 분석하는 것이다. 기온과 열성질환의 관련성은 일부지역은 신뢰구간의 문제로 정확히 위험도를 파악하기 어려웠으나, 그 외 전 지역에서 양의 관련성을 보였고, 특히 고온에서 급격하게 위험도가 증가하는 J 자형을 나타냈다. 기온으로 인한 건강위험이 나타나기 시작하는 역치는 지역별로 다르지만, 도시지역이 높은 편이었다. 도시지역에서 가장 낮은 역치는 21°C이었던 반면, 농촌지역 중에서는 2개 지역이 20°C 이하에서 역치가 나타났다. 우리나라 응급의료기관에서 보고한 온열질환자의 경우에도 농촌이 도시보다 역치가 낮았다(Na et al., 2013, p.25). 농촌지역에서는 야외에서 주로 일을 하여 기온에 직접적으로 노출된다는 점을 고려하면, 상대적으로 더 낮은 기온에서 건강 문제가 일어날 수 있다. 역치기온 수준 이하에서는 기온으로 인한 건강 문제에서 안전하다고 볼 수 있는데, 더운 기후 지역일수록 지역의 기후 상태에 적응하기 때문에 안전한 기온대가 더 높아진다(Huang et al., 2013, p.4). 따라서 도시지역이 역치기온이 높다는 점은 농촌 지역에 비해 적응 역량이 높은 편이라고 해석할 수 있다. 기존 연구에서 정확히 비교 가능한 기온역치 수준을 찾기는 어려운데, 건강지표를 의료이용보다는 사망으로 보는 경우가 많았고, 몇 도에서 위험이 시작되는가보다 상위 기온 수준에 따른 위험도를 비교하는 경우도 있었다. 몇몇 연구에서 제시한 역치를 살펴보면, 런던에서는 일평균기온 21.5°C 이후 1°C 증가에 따라 사망이 3.3% 증가하였으며, 24°C 이후 순환기계 질환의 입원이 1.71% 증가했다(Kovats, Hajat & Wilkinson, 2004, p.896). 15개 유럽도시에 대한 연구에서는 북유럽의 대륙 지역은 일최고기온이 23.3°C일 때, 지중해 지역은 29.4°C일 때 사망이 증가하는 것으로 나타나, 지역의 특성에 따라 역치가 크게 차이를 보였다(Baccini et al., 2008, p.716). 호주 브리즈번은 아열대 기후이기 때문에 이미 폭염에 상당히 적응이 된 편이어서, 미국, 유럽의 도시보다 역치가 높아 일최고기온이 27°C 수준일 때 사망과 응급실입원이 증가하기 시작했다(Tong, Wang & Barnett, 2010, p.4). 우리나라에서는 온열질환자의 응급실이용이 서울, 경북, 경남에서 일최고기온 33.9°C, 31.4°C, 31.3°C에서 나타났다(Na et al., 2013, p.23).

연구의 최종 목적은 폭염 대응 보건사업의 수행 정도에 따라 열성질환의 위험이 다르게 나타나는가를 평가하는 것이다. 폭염 대응 보건사업은 폭염에 대한 노출을 완화시키는 것이며, 폭염의 영향은 길어도 수일 내에 건강문제로 이어지기 때문에, 사업의 효과를 건강수준으로 보는 것은 의미가 있다. 분석 결과 사업 수행 정도가 높은 지역 주민이

열성질환으로 병원 외래를 방문하게 되는 건강 위험이 더 높은 기온 수준에서 발생하는 것으로 나타났다. 사업 수행 정도가 높은 지역의 역치기온이 더 높았던 것은 보건사업이 폭염의 직접적인 건강 영향인 열성질환에 대한 적응 역량을 강화시키는 데 기여하고 있기 때문이다. 그런데 이것은 사업의 정량적 수행 정도가 높았을 때이며, 정성적 수행 정도의 차이만으로는 설명이 어려웠다. 정량적, 정성적인 측면에서 모두 높은 점수를 받은 지역은 그렇지 못한 지역과 비교하여 분명하게 역치기온이 높았다. 그러나 고온에서(역치기온 이후에서) 기온 증가에 따른 열성질환의 위험 정도는 지역별로 차이가 있었는데, 사업 수행 정도가 높은 지역에서도 상당한 고온에서는 건강 영향을 피할 수 없었다. 심각한 고온을 예방할 수는 없지만, 이러한 기상현상에 대한 인구집단의 취약성을 완화시키는 것이 가능함에도(Ebi & Schmier, 2005, p.117), 아직까지 지역에서 수행되는 보건사업은 고온에서의 영향을 효과적으로 관리하지 못하고 있었다.

이와 같은 결과를 통하여 향후 폭염 대응 보건사업을 개발하고 이행하는 데 다음을 고려할 것을 제안한다. 첫째, 상위 75% 수준의 기온 이후에서는 사업 수행 정도와 관계 없이 모든 지역에서 위험도가 급격히 증가하여, 고온에서 일어나는 위험을 완화하기 위한 추가적인 대책이 필요하다. 이를 위해 폭염에 노출되지 않도록 지역주민의 특성을 고려한 정보전달 및 교육시스템을 개발하여, 지역주민의 행태를 개선하도록 하는 등의 적극적인 중재가 필요하다. 또한 피할 수 없는 건강 문제가 발생하였을 때 즉각적인 의료서비스를 받을 수 있는 응급의료체계도 마련해야 한다. 특히 폭염이 예측될 때 지역 주민이 대응할 수 있도록 사전에 알려주는 경보시스템 구축이 중요하다. 경보시스템 운영 기준은 단순히 기상현상을 바탕으로 해서는 안 되며, 기온과 지역주민의 건강과의 관련성이 나타나기 시작하는 기준을 근거로 해야 한다.

둘째, 향후 폭염 대응 보건사업을 개선하는 데 도시와 농촌 간의 특성을 고려해야 한다는 점이다. 보건사업의 수행 정도는 도시와 농촌 간 유의한 차이는 보이지 않았으나, 농촌이 도시보다 평균점수가 다소 높았다. 그럼에도 불구하고 열성질환에 대한 효과 평가에서 도시 거주자는 농촌 거주자에 비해 더 높은 기온에서까지 적응하고 있었으며, 고온에서 나타나는 위험도(역치기온 이후에서의 위험도)는 농촌보다 높다고 할 수 없었다. 도시 지역 주민이 농촌 지역 주민에 비하여 특별한 폭염 대응 보건사업을 받지 않고도 적응 역량이 뛰어나다는 점은 보건사업에 의존하기 보다는 개인적인 대응이 가능하기 때문이다. 농촌 지역은 도시 지역에 비하여 의료의 접근성이 낮고, 노인 등 취약집단

비율이 높으므로 적극적인 국가의 개입이 더 중요할 수 있다.

우리나라는 2010년 법의 시행 이후 적응대책 수립에 대한 관심과 논의가 지속되고 있으나, 건강적응대책을 새롭게 수립하고 개선하기 위한 근거가 충분하지 않았다. 본 연구는 현재의 폭염 대응 보건사업의 효과를 입증할 수 있는 연구 결과는 중요한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구는 적응 전략의 편익을 평가할 수 있는 표준화된 방법이 정해져 있지 않은 어려움에도(Huang et al., 2013, p.13), 폭염 대응 보건사업을 정량적, 정성적 측면에서 포괄적으로 파악하여, 효과 평가를 시도하였다는 점에서 의의를 찾을 수 있다. 또한 지금까지 수행되어왔던 연구보다 하루 단위인 기초지자체 수준에서의 건강 문제와 적응대책을 분석하는 데 초점을 두었다. 여러 연구들이 의료이용보다 사망에 미치는 영향에 대한 결과를 제시하고 있고, 이환이 발생하는 분명한 기온 역치를 입증한 연구는 많지 않다(Morabito, Crisci, Moriondo & Profili, 2012, p.36). 국내에서도 사망에 대한 대부분 사망에 대한 논의가 집중되어 있으나, 본 연구는 현재의 보건사업이 사망에 이르기 전 이환상태 대해 완화 효과가 있는지를 살펴보았다는 점에서도 의의를 갖는다.

반면 본 연구는 몇 가지 한계를 갖고 있음을 언급하고자 한다. 첫째, 연구 자료 및 방법의 제약으로 보건사업만으로 발생한 효과를 명확히 구분해내기 어려웠다. 평가하고자 했던 폭염 대응 보건사업은 특정 지역을 대상으로 특정 시점에 시행된 것이 아니고, 상당히 오래 전부터 전 지역에서 이루어진 사업이었다. 그렇기 때문에 사업 시행 이전의 결과와 비교하여 시행 이후의 결과가 개선되었는지를 평가하거나, 사업을 시행하지 않은 지역을 대조군으로 하여 비교하는 것이 불가능하였다. 또한 특성이 유사한 지역만으로 연구대상을 제한하였으나, 사업이 수행되는 지역의 각기 다른 환경에 대한 정보를 모두 다루기 어려웠다. 향후 연구에서는 사업의 효과에 영향을 미칠 수 있는 모든 복합적인 요소들을 배제하고 사업의 독자적인 효과를 가려낼 수 있는 방법이 개발되어야 한다. 또한 새로운 지역사회 사업을 시행할 때에는 체계적인 연구 설계를 통해 효과를 입증한 후 점진적으로 확대해 나가야 하겠다.

둘째, 사업 담당자의 자가 평가를 통하여 보건사업의 정성적 측면을 평가하였다는 점이다. 보건사업을 많이 시행한 지역들은 기온으로 인한 열성질환의 건강 문제가 더 높은 기온수준에서 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 반면 보건사업을 잘 시행한 지역에서는 이러한 효과가 분명하지 않았다. 이러한 결과는 폭염 대응 보건사업을 많이 하는 것이

중요하기 때문일 수도 있겠으나, 정성적 평가의 목적이 지역의 사업실적을 양으로만 판단하는 한계를 보완하기 위한 것임에도 정성적인 측면을 충분히 반영하지 못했을 가능성도 있다. 지역사회 보건 정책적 중재를 평가하는 데에는 참여자의 가치와 동기를 이해하는 것이 중요해서 핵심 이해당사자를 인터뷰하는 것이 필요하다(von dem Knesebeck, Joksimovic, Badura & Siegrist, 2002, p.120). 그렇기 때문에 본 연구에서는 정성적 측면을 지역별 사업 담당자 1인의 자가 평가로 대표하였으나, 향후에는 사업과 관계된 여러 담당자와 지역의 전문가 등을 모두 포함하여 보다 객관적인 평가를 시도해야 하겠다. 또한 보건사업의 정량적, 정성적 사업 수행 정도를 평가하기 위한 통합지표를 개발할 경우에는 정성적 평가보다 정량적 평가에 높은 가중치를 부여하는 방법이 효과적일 수 있다.

셋째, 본 연구에서는 사업의 효과를 평가하기 위해 지역의 사업 수행 정도가 연도별로 차이가 없을 것으로 가정하였다. 즉, 각 지역의 2011년도의 사업 수행 정도를 그 지역의 지속적인 사업 수행 정도로 간주하고, 이 시점의 사업 수행 정도에 따른 2003~2011년의 건강문제를 비교하였다는 제한점이 있다. 그러나 이처럼 한 개 연도의 사업 수행 정도를 대푯값으로 사용하게 된 근거는 폭염 대응 보건사업을 시행하는 기초지자체와 중앙정부 모두 보건사업의 예산 및 실적이 연도별로 특별한 변화를 일으키는 요소를 찾기 어렵기 때문이다.

마지막으로 대상 지역의 수가 적다는 점이다. 지역의 사업 현황을 심층적으로 조사하여 충분히 반영할 수 있었으나, 일부 지역에서 나타난 결과를 일반화하는 데에는 주의가 필요하다. 향후 연구에서는 보다 개선된 평가지표를 활용하여 더 넓은 지역에 적용해야 하겠다.

채수미는 고려대학교에서 보건학 박사학위를 받았으며, 현재 한국보건사회연구원에서 부연구위원으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 기후변화 적응, 정신건강, 정책 평가 등이다.

(E-mail: csm1030@kihasa.re.kr)

김남순은 서울대학교에서 보건학 박사학위를 받았으며, 현재 한국보건사회연구원에서 보건의료 연구실장으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 공공보건의료, 정책평가 및 여성건강이며, 현재는 감염병 관련 공공보건의료체계, 한국 여성건강 통계 및 주요 이슈에 대한 심층 분석, 보건의료정책 평가모형 관련 연구를 수행하고 있다.

(E-mail: artemine@kihasa.re.kr)

윤석준은 서울대학교에서 의료관리학 박사학위를 받았으며, 현재 고려대학교에서 예방의학 교수로 재직 중이다. 주요 관심 분야는 질병부담, 건강보험, 만성질환 관리 등이다.

(E-mail: yoonsj02@korea.ac.kr)

참고문헌

- 국립기상연구소 (2012). IPCC 5차 평가보고서 대응을 위한 전지구 기후변화 보고서 2012. 서울: 국립기상연구소.
- 기상청. (2014). 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC) 제5차 평가 종합보고서. 기상청.
- 김은영, 전성우, 이정원, 박용하, 이동근. (2012). 서울시 기후변화 영향평가 및 적응대책 수립: 폭염영향을 중심으로. *환경영향평가*, 21(1), pp.71-80.
- 박정임. (2008). 한국형 BenMAP을 활용한 대기질 개선정책 건강편익 연구. 한국환경정책 평가연구원, 환경부.
- 보건복지부. (2010). 폭염대응 건강관리 매뉴얼. 서울: 보건복지부.
- 이재운. (2015, 12, 13). <파리 기후협정> 신기후체제 의미는...195개 선진·개도국 모두 참여. 연합뉴스.
<http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2015/12/13/0200000000AKR20151213012000004.HTML>에서 2016.4.26. 인출.
- 채수미. (2014). 폭염의 건강영향을 완화하기 위한 지역사회 공중보건사업의 효과. 박사학위 논문, 고려대학교.
- 최경희. (2011). 우리나라 여름철 고온기의 종관적 특징. 석사학위논문, 서울대학교.
- 최지혜, 하종식. (2015). 기후변화에 따른 폭염 중장기적 적응대책 수립 및 관리 방안. *환경정책연구*, 14(3), pp.21-40.
- 홍지형, 정휘철, 최영은, 김상균, 김대곤, 홍성철, 등. (2015). 한국 기후변화 평가보고서 2014: 기후변화 영향 및 적응. 환경부·국립환경과학원.
- Baccini, M., Biggeri, A., Accetta, G., Kosatsky, T., Katsouyanni, K., Analitis, A. et al. (2008). Heat effects on mortality in 15 European cities. *Epidemiology*, 19(5), pp.711-719.
- Barnett, A. G., & Dobson, A. J. (2010). *Analysing seasonal health data. Statistics for Biology and Health*. Australia: Springer.
- Bassil, K., Cole, D. C., Smoyer-Tomic, K., Callaghan, M., & Heat episode public health intervention review Team. (2007). What is the evidence on applicability

and effectiveness of public health interventions in reducing morbidity and mortality during heat episodes? A review for the National Collaborating Centre for Environmental Health.

- Dinshaw, A., Fisher, S., McGray, H., Rai, N., & Schaar, J. (2014). *Monitoring and evaluation of climate change adaptation: methodological approaches*. OECD Environment Working Papers, No.174, OECD Publishing.
- Ebi, K. (2011). Climate change and health risks: assessing and responding to them through 'adaptive management'. *Health Aff (Millwood)*, 30(5), pp.924-930.
- Ebi, K. L., & Schmier, J. K. (2005). A stitch in time: improving public health early warning systems for extreme weather events. *Epidemiol Rev*, 27, pp.115-121.
- Huang, C., Barnett, A. G., Xu, Z., Chu, C., Wang, X., Turner, L. R. et al. (2013). Managing the health effects of temperature in response to climate change: challenges ahead. *Environ Health Perspect*, 121(4), pp.415-419.
- Keele, L. (2008). *Semiparametric regression for the social sciences*. England Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Kovats, R. S., Hajat, S., & Wilkinson, P. (2004). Contrasting patterns of mortality and hospital admissions during hot weather and heat waves in Greater London, UK. *Occup Environ Med*, 61(11), pp.893-898.
- Maibach, E. W., Chadwick, A., McBride, D., Chuk, M., Ebi, K. L., & Balbus, J. (2008). Climate change and local public health in the United States: preparedness, programs and perceptions of local public health department directors. *PLoS One*, 3(7), e2838.
- Martinez, G. S., Imai, C., & Masumo, K. (2011) Local heat stroke prevention plans in Japan: characteristics and elements for public health adaptation to climate change. *Int J Environ Res Public Health*, 8(12), pp.4563-4581.
- Michelozzi, P., De Sario, M., Accetta, G., de'Donato, F., Kirchmayer, U., D'Ovidio, M. et al. (2006). Temperature and summer mortality: geographical and temporal variations in four Italian cities. HHWWS Collaborative Group. *J Epidemiol Community Health*, 60(5), pp.417-423.

- Montero, J. C., Mirón, I. J., Criado, J. J., Linares, C., & Díaz, J. (2010). Comparison between two methods of defining heat waves: a retrospective study in Castile-La Mancha (Spain). *Sci Total Environ*, 408(7), pp.1544-1550.
- Morabito, M., Crisci, A., Moriondo, M., Profili, F., Francesconi, P., Trombi, G. et al. (2012). Air temperature-related human health outcomes: current impact and estimations of future risks in Central Italy. *Sci Total Environ*, 15(441), pp.28-40.
- Na, W., Jang, J. Y., Lee, K. E., Kim, H., Jun, B., Kwon, J. W. et al. (2013). The effects of temperature on heat-related illness according to the characteristics of patients during the summer of 2012 in the Republic of Korea. *Prev Med Public Health*, 46(1), pp.19-27.
- Portier, C. J., Thigpen Tart, K., Carter, S. R., Dilworth, C. H., Grambsch, A. E., Gohlke, J. et al. (2010). *A human health perspective on climate change: a report outlining the research needs on the human health effects of climate change*. Research Triangle Park, NC: Environmental Health Perspectives/National Institute of Environmental Health Sciences.
- Sototo, M. A, & Cosler, L. E. Evaluation of Public Health Interventions. In: Novick, L. F., Morrow, C. B., Mays, G. P, eds. (2008). *Public health administration: principles for population based management* (pp.495-544). 2nd ed. Boston: Jones and Bartlett Publishers.
- Tong, S., Wang, X. Y., & Barnett, A. G. (2010). Assessment of heat-related health impacts in Brisbane, Australia: comparison of different heatwave definitions. *PLoS One*, 5(8), e12155.
- von dem Knesebeck, O., Joksimovic, L., Badura, B., & Siegrist, J. (2002) Evaluation of a community-level health policy intervention. *Health Policy*, 61(1), pp.111-122.
- Walker, R., Hassall, J., Chaplin, S., Congues, J., Bajayo, R., & Mason, W. (2011). Health promotion interventions to address climate change using a primary health care approach: a literature review. *Health Promot J Austr*, 22, pp.s6-s12.

The Effectiveness of Community Public Health Interventions in Alleviating the Health Impacts of High Temperatures

Chae, Su-Mi

(Korea Institute for
Health and Social Affairs)

Kim, Nam-Soon

(Korea Institute for
Health and Social Affairs)

Yoon, Seok-Jun

(Korea University)

This research aims to evaluate the performance of community public health interventions, to explore linkages between high temperature and health risks and ultimately to identify the effectiveness of community public health interventions in alleviating impacts of high temperatures on human health. Three separate analyses were performed for the research goals. Firstly, we developed indexes and criterions for quantitatively evaluating community public health interventions, and also evaluated the qualitative performance of the intervention programs using the self-evaluation of those who were in charge. Secondly, we estimated the association between high temperatures and health care utilization by using generalized additive models (GAMs) with non-parametric smoothing functions to describe nonlinear relations. Thirdly, the effectiveness of community public health interventions was evaluated by threshold temperature and RR for the association between high temperatures and health care utilization. The results suggested that high temperatures were associated with increased health care utilization among patients with heat-related illness, and generally nonlinear relations (J shaped) were observed. For heat-related illness, the estimated thresholds were on average high in communities among the high performance group. The high thresholds observed for the high performance communities might be attributed to an improved adaptation of local residents to heat, thanks to the public health interventions. However, there is a need to implement adaptation actions for focusing on vulnerable groups.

Keywords: Heat Wave, Climate Change, Adaptation, Public Health Intervention