황사의 건강영향

The Health Effects of Asian Dust Event

권 호 장
단국의대 예방의학교실
충남 천안시 안서동 산 29
Ho-Jang Kwon, M.D.
Department of Preventive Medicine
Dankook University College of Medicine
E-mail : hojang@dku.edu
조 수 헌
서울의대 예방의학교실
서울 종로구 연건동 28
Soo-Hun Cho, M.D.
Department of Preventive Medicine
Seoul National University College of Medicine
E-mail : chosuh@snu.ac.kr

Abstract

The Korean peninsula has a long history of spring time dust clouds blown by winds from the arid deserts of Mongolia and China, these are called Yellow sand or Asian dust event. Public concern about the possible adverse effects of these dust events has increased, because the dust arrives in Korea after having passed over heavily industrialized eastern China. Most studies on the Asian dust have been focused on the physiochemical properties of the dust. Just several studies have been published on the matter of the health effects of the Asian dust both domestically and internationally. Even though the dust of crustal origin like the Asian dust is not considered as harmful as the dust from the exhaust gas, many people have experienced the eye symptoms and the respiratory symptoms such as cough, sputum, and chest tightness during the yellow sand period. However it is not clear that the increased risk of experiencing respiratory symptoms during the dust period leads to increased risk of hospitalization or mortality. Limited epidemiologic studies suggest that the aged people and the patients with cardiopulmonary disease are more susceptible to possible harmful effects of the Asian dust.

Keywords : **Asian dust; Fine particulate; Hospitalization; Mortality; Susceptible population**
핵 심 용 어 : 황사; 미세먼지; 입원; 사망; 민감군

서 론

황사는 삼국사기에도 관련 기록이 있을 정도로 아주 오래 전부터 있어왔고 대개 일상적인 자연현상으로 간주되어 왔다. 그러나 최근 들어 황사의 빈도 및 강도가 점차로 증가하고 황사와 함께 중국에서 배출되는 대기오염물질이 함께 넘어오는 것으로 알려지면서 황사가 우리의 건강을 해칠 수도 있다는 우려가 점점 커지고 있다. 황사 관련 신문기사의 내용을 분석한 한 논문에 따르면 황사 관련 언론보도가 최근에 급증하고 있고, 그 중에서도 건강영향과 관련된 기사가 44%로 가장 많은 비중을 차지하고 있는 것으로 나타나고 있다(1). 특히 2002년 3월에는 전례없이 심한 황사로 인하여 초등학교가 휴교하는 사태에 이르게 되자 황사를 일종의 환경재앙으로 인식하게 되었고, 황사로 인한

건강피해를 예방할 수 있는 장·단기적인 종합대책을 시급히 세워야 한다는 목소리가 높다.

황사가 건강에 좋지 않은 영향을 미친다는 사실은 일견 자명해 보이지만 건강영향의 크기를 정량적으로 평가하는 것은 생각보다 쉽지 않다. 황사의 건강영향을 보기 위해서는 먼저 황사 먼지의 물리화학적 특성을 분석해 봄으로서 단초를 잡을 수 있다. 먼지는 크기와 화학적 성분에 따라 인체에 미치는 피해가 달라지는데, 도시 분진이 어떤 건강피해를 야기하는지에 대해서는 수많은 실험적, 역학적 연구결과들이 발표된 바 있다. 따라서 황사 먼지의 크기와 화학적 성분 등을 분석하면 기존의 먼지에 대한 연구결과에 비추어 황사의 건강피해를 유추할 수 있는 것이다. 두번째로는 황사 먼지를 동물이나 세포에 노출시킨 후 어떤 변화가 나타나는지를 실험적으로 관찰하는 것이다. 세번째로는 황사가 불어왔을 때 실제로 사람들에게 어떤 일이 있었는지를 조사하는 방법이 있다. 구체적으로 황사 전후로 해서 호흡기 계통의 증상이 증가했는지, 병의원 방문이 증가했는지, 또는 사망위험이 증가했는지를 역학적인 연구방법을 사용해서 조사하는 것이다.

본 의학강좌에서는 주로 황사의 성분을 통해 추정되는 건강피해와 역학적 연구결과들에 초점을 맞춰서 황사의 건강피해 가능성을 가늠해 보고자 한다.

황사의 구성성분으로 미루어 추정되는 건강피해

분진은 크기에 따라 호흡기에 대한 영향이 달라진다. 그리고 분진의 크기는 발생원에 따라 달라지는데, 대개 흙먼지나 소각과정에서 나오는 검뎅이는 크기가 크고, 자동차 엔진과 같은 고온의 연소과정을 거쳐 나오는 분진은 크기가 매우 작다. 100 마이크론 이상의 분진은 눈, 코, 인후부에 자극증상을 일으킬 수 있지만 호흡기 깊숙이 들어오지는 못한다. 20 마이크론 이상의 분진은 상기도까지는 들어오지만 하기도까지 침투하지는 못한다. 허파꽈리(alveoli)까지 침입하는 분진은 대개 10 마이크론 이하의 분진이다. 이 중 2.5 마이크론 이상 10 마이크론 이하의 분진을 조대분진(粗大粉塵, coarse particle)이라고 하고 2.5 마이크론 이하의 분진을 미세분진(fine particle), 0.1 마이크론 이하의 분진은 초미세분진(ultra fine particle)이라고 한다. 대기분진을 측정할 때 공기 중에 있는 전체 부유분진은 총 부유분진(total suspended particles, TSP), 10 마이크론 이하의 분진은 PM10(particulate matter less than 10 μm in diameter), 2.5 마이크론 이하의 분진은 PM2.5라고 한다. 우리나라 환경부에서 정한 PM10에 대한 환경기준은 연간 평균치를 기준으로 했을 때는 70 ㎍/㎥이고 24시간 평균치를 기준으로 했을 때는 150 ㎍/㎥이다.

황사 먼지의 크기는 다양한 분포를 이루지만 3~10 마이크론 사이의 크기가 가장 많고, 황사시 PM10 농도는 경우에 따라서는 1,000 ㎍/㎥를 훨씬 넘기도 한다. 환경부의 분진 기준치는 건강피해를 염두에 두고 만든 가이드라인이기 때문에 PM10의 하루 평균치가 150 ㎍/㎥를 초과하면 건강피해의 가능성이 있다는 것을 의미한다. 일단 먼지의 크기와 농도로만 판단할 때 황사 분진이 건강피해를 초래할 개연성은 충분히 있는 셈이다.

분진의 건강피해는 사망위험의 증가, 병·의원 입원율의 증가 등 여러 형태로 나타난다. 대부분의 연구에서 PM10이 10 ㎍/㎥ 증가할 때 사망위험이 0.5~1.5% 정도 증가하는 것으로 보고하고 있다. 미세분진 농도가 높아지면 호흡기 질환이나 심장 질환으로 인해 병원을 방문하는 사람의 숫자도 많아지는 것으로 알려져 있다. 대개 PM10이 10 ㎍/㎥ 증가할 때 병원 방문도 1~4% 정도 증가하는 것으로 보고하고 있다. 한 연구에 따르면 심장

질환으로 인한 입원 중 5%는 대기오염에 의하여 초래되는 것으로 나타났는데 이는 심각한 공중보건문제인 것을 의미하는 것이다.

그렇다면 기존의 PM10 연구로부터 황사의 건강피해 규모를 추정할 수 있는가? 황사기간 동안 PM10의 농도가 매우 높게 상승하는 것은 사실이지만 기존의 PM10에 대한 연구를 활용하여 황사의 건강피해를 바로 추정하기는 어려운 점이 있다. 호흡기 질환과 심장 질환을 초래하고 나아가 조기 사망을 유발하는 것으로 알려진 미세분진은 주로 연소과정에서 배출된 직경 2.5 마이크론 이하의 아주 미세한 먼지이다. 이러한 먼지들이 호흡기 깊숙이 침입하여 폐에 염증을 일으키고 이차적으로 혈액에도 영향을 미침으로써 여러가지 건강피해를 유발하는 것이다.

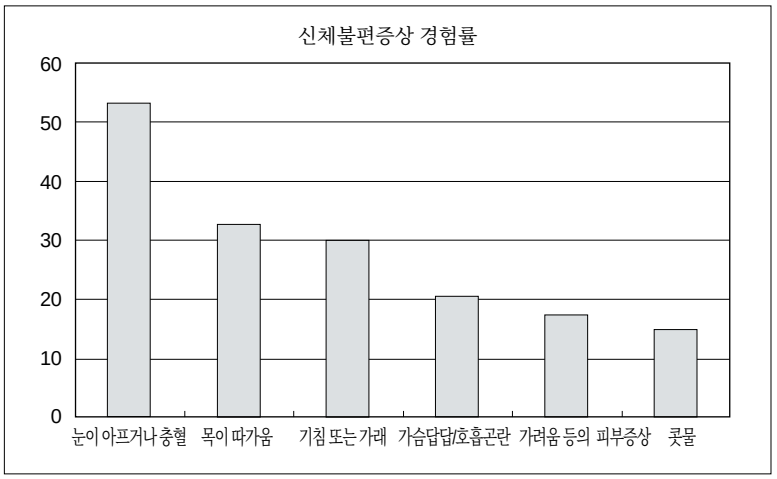
그러나 황사의 주요 성분인 흙먼지는 독성이 낮은 것으로 알려져 있다. 간단한 예를 들면, 예전에 시골에 살던 사람들은 흙먼지를 무척 많이 마셨지만 특별히 호흡기 질환이 많이 발생하지는 않았다. 지금으로부터 400만년 전에 인류의 조상이 처음 지구상에 등장한 이래 사람들은 항상 흙먼지와는 뗄래야 뗄 수 없는 불가분의 관계를 맺고 살아오면서 흙먼지로부터 우리 몸을 보호하는 방어기전을 발달시켜 왔던 것이다. 그러나 대도시의 경우에는 이미 미세분진의 농도가 높은 상태에서 황사 먼지가 추가적으로 흡입되는 것이기 때문에 호흡기계의 방어기전에 지나친 부하를 줌으로써 미세분진의 독성이 더 크게 나타날 수도 있을 것이다.

지금까지의 논의를 정리해보면, 기존 분진의 독성에 대한 연구로부터 다음의 몇가지 사항에 대한 유추가 가능할 것이다. 황사 기간 동안에 상승하는 먼지의 크기나 농도를 볼 때 호흡기 또는 심혈관계에 부담을 초래할 수 있다. 그 피해는 노약자, 어린이, 영유아, 기존에 호흡기 질환이나 심장 질환을 앓고 있는 생물학적 약자들에서 크게 나타날 것이다. 그러나 독성의 크기는 대도시의 미세먼지로 인한 독성 만큼 심하지는 않을 것이다.

황사와 관련하여 특별히 우려를 자아내는 것 중의 하나는 황사 먼지 속에 중국의 미생물이 함께 날아올 가능성이다. 봄철에 자주 유행하는 가축의 구제역병(foot−and−mouth disease)이 중국에서 날아온 바이러스에 의한 것일지도 모른다는 언론보도는 황사에 대한 두려움을 증폭시키는 데 큰 기여를 했다. 황사 먼지와 함께 병원성 미생물이 날아와 가축이나 인간에게 질병을 일으킨다는 것은 상상만 해도 끔찍하기 때문이다. 황사와 같이 높은 고도에서 장기간 이동하는 경우에는 자외선 조사량이 많기 때문에 미생물들이 생존하기가 어렵다는 것이 일반적인 견해이었다. 그러나 최근에는 먼지층이 두터우면 하단부에는 상대적으로 자외선 조사량이 적기 때문에 미생물이 살아남을 수도 있다는 의견들도 제시되고 있다(2).

이와 관련해서 농촌진흥청에서는 매우 흥미로운 실험을 하였다. 중국에 있는 황사 발원지의 토양과 국내의 황사 먼지에서 세균, 곰팡이, 바이러스를 검출하여 양쪽에서 공통으로 나타나는 것이 있는지를 조사하였다. 만일 어떤 세균이 중국의 발원지 토양에서도 발견되고 우리나라의 황사 먼지 속에도 나타난다면, 그리고 만일 이 세균이 국내의 대기 중에는 흔히 존재하지 않은 세균이라면 이 세균은 중국에서부터 날아왔을 가능성이 매우 높은 것이다. 이 실험의 결과, 양쪽 시료에서 공통적으로 발견되는 세균은 하나도 없었고, 곰팡이는 일부 공통적으로 발견되는 것이 있었으나 대부분은 일반적으로 흔히 존재하는 곰팡이었다. 바이러스는 양쪽 시료 모두에서 하나도 검출되지 않았다(3).

황사에 중국의 미생물이 함께 날아올 가능성에 대해



표본수 500명, 표본오차는 95% 신뢰수준에서 4.4%

그림 1. 수도권 거주 일반 성인에서 황사로 인한 신체증상 경험률(복수응답)

서는 농촌진흥청 뿐 아니라 국립수의과학검역원에서도 계속 감시를 하고 있다. 그 가능성에 대해서는 우리가 계속적으로 관심을 가지고 추적해야 겠지만 적어도 아직까지는 구제역바이러스를 포함하여 인체나 가축에 해로운 병원성 미생물이 황사 먼지에서 검출된 적은 없다.

황사의 피해에 대한 역학적 연구결과

인구집단을 대상으로 대기오염의 건강영향을 보는 역학연구에서 사용하는 지표는 크게 사망과 질병에 대한 지표로 구분할 수 있다. 사망은 전체 사망과 원인별 사망으로 구분할 수 있는데, 예를 들면 '1952년 12월 런던 스모그로 인해 사망한 사람의 전체 숫자가 몇 명이고 구체적으로 호흡기 질환과 심혈관계 질환으로 인한 사망은 몇 % 였다' 라는 식으로 기술할 수 있는 것이다. 질병의 지표로는 학생들의 결석률, 병·의원 이용률, 증상이나 폐기능의 변화 등 매우 다양한 방법을 사용할 수 있다. 예를 들면 대기오염물질의 단위 변화에 따라 응급실 내원자 수 또는 호흡기 질환으로 인한 입원자 수가 몇 % 변화했는지를 추정하게 되는 것이다.

황사의 건강영향에 대해서도 위에서 언급한 방법을 모두 적용할 수 있다. 통계적 모형을 통해 황사가 있는 날에는 황사가 없는 날에 비해 사망위험, 응급실 내원환자, 호흡기 질환 입원자 등등이 얼마나 증가하는지를 추정할 수 있는 것이다. 그러나 대기오염 연구가 갖는 근본적인 문제 중의 하나는 결과가 비특이적(non-specific)이라는 것이다. 사망한 사람, 응급실에 내원한 사람 중에 구체적으로 어떤 사람이 대기오염 또는 황사에 의한 것인지 최종적으로 확인할 방법이 없기 때문에 비뚤림(bias)의 가능성이 항상 있는 것이다. 일반적으로 대기오염 연구에서 당면하는 문제 외에 황사에 대한 역학연구가 갖는 어려운 점은 황사의 발생이 불규칙하고 황사가 발생하는 날이 많지 않다는 것이다. 따라서 전향적인 연구(prospective study)를 수행하기가 어렵고 표본수가 적기 때문에 검정력(황사에 의한 건강피해가 있었을 때 이를 밝힐 수 있는 능력)이 떨어진다는 문제가 있다.

이러한 방법상의 어려움 등으로 인해 황사의 건강피해에 대한 연구들은 발표된 것이 많지 않다. 지금까지 연구된 내용을 간단히 소개하면 일반인들을 대상으로 황사 관련 증상을 얼마나 경험하는지를 조사한 연구, 초등학생들을 대상으로 한 조사연구(4), 천식 환자들을 대상으로 한 연구(5), 서울시의 입원자료와 사망자료(6)를 가지고 한 연구들이 발표된 바 있다.

일반인에서 황사로 인한 신체불편 증상

본 연구진이 2003년에 수도권에 거주하고 있는 성인 500명을 무작위로 추출하여 황사 관련 증상을 조사하였는데 응답자의 40% 이상이 황사 때문에 불편한 증상을 경험한 적이 있다고 응답하였다. '눈이 아프거나 충혈된다'고 응답한 사람이 53.2%이었고 '목이 따갑다'라고 응답한 사람이 32.8%로 나타났다(그림 1). 황사로 인한 불편증상이 있었다고 응답한 사람들에게 그 증상 때문에 실제로 의료기관을 방문한 적이 있는지를 물어 보았을 때 33.8%가 그렇다고 응답하였다. 이는 전체 응답자 중에 13.6%가 황사 때문에 병원이나 의원을 방문한 경험이 있다는 것을 의미한다. 일반 인구집단에서 성인의 13% 가량이 황사 때문에 병·의원을 방문한 경험이 있다는 것은 매우 높은 숫자이나 특정 황사를 겨냥해서 조사한 것이 아니고 과거의 누적된 경험에 대한 응답이기 때문에 황사가 올 때마다 일반 성인의 10% 이상이 병·의원을 방문한다는 것을 의미하는 것은 아니다.

황사시에 입원환자가 증가하는가?

2000년부터 2002년까지 서울시에서 호흡기 질환으로 병원에 입원한 환자를 분석한 결과를 보면 황사가 오면 호흡기 질환으로 인한 입원환자가 9% 가량 증가하는 것으로 나타난다(표 1). 날짜별로 보면 황사가 온 다음날 가장 많이 증가하고 그 이후로는 증가율이 떨어져 3일 후에는 정상적인 숫자로 회복되는 것으로 나타나고 있다. 호흡기 질환 중에서도 천식으로 인한 입원의 증가율이 더욱 크게 나타나 천식 환자들은 황사기간 동안 특별히 주의를 해야 할 것으로 보인다. 심혈관 질환으로 인한 입원 역시 호흡기 질환 만큼은 아니더라도 황사기간 동안 입원 위험이 증가하는 것으로 나타났다.

표 1. 서울시에서 황사시 입원 증가율(2000~2002년)

	입원 증가율(%)	95% 신뢰구간
전체 호흡기 질환 입원	9.0	7.3~10.8
전체 심혈관 질환 입원	5.0	3.3~6.6
천식 입원	13.4	8.4~18.6
허혈성 심질환 입원	5.3	2.1~8.6

황사기간 동안 질환에 따라 10% 내외로 입원 환자가 증가하는 것은 작은 것은 아니지만 서울시에서 매일 입원하는 환자들의 숫자가 날마다 큰 변동이 있기 때문에 이 정도 수치로는 눈에 띌 만한 현저한 변화를 초래하지는 않는다.

황사 때 사망자가 증가하는가?

한편 황사가 사망위험을 증가시키는지에 대해서도 한편의 연구가 발표된 바 있는데, 1995년부터 1998년까지 서울시에서 발생한 황사와 일별 사망자 수의 관련성에 대해서 분석하였다(6). 전체 사망자를 대상으로 하였을 때는 황사가 있었던 날이 1.7%, 65세 이상의 사망자에서는 2.2%, 심장 질환 또는 폐 질환으로 인한 사망자에서는 4.1% 사망위험이 증가하는 것으로 나타났으나 모두 통계적으로 유의하지는 않았다. 그럼에도 불구하고 민감집단(고연령 사망자, 심혈관계 사망자)에서 사망위험이 높게 나온 것은 일반적인 대기오염의 피해 양상과 비슷한 것이어서 황사가 사망위험을 실제로 증가시킬 가능성이 있는 것으로 평가하였다.

최근에는 대만에서도 매우 유사한 연구가 발표되었다(7). 대만 타이페이시 주민들의 사망자료를 이용하여 1995년부터 2000년까지 황사로 인한 사망위험 증가분을

추정하였는데 황사가 온 다음날 호흡기 질환으로 인해 사망할 위험이 7% 가량 높아진다는 것을 보고하고 있다. 이 연구결과는 앞서의 국내 연구보다는 높은 사망위험을 보고한 것인데 대만과 우리나라의 황사 성분에 차이가 있을 수 있기 때문에 직접적인 비교에는 무리가 있을 것으로 생각한다.

결 론

황사 기간에는 2.5 마이크론에서 10 마이크론 사이의 먼지 농도가 크게 증가한다. 비록 황사와 같이 토양에서 기원하는 먼지들은 일반 대기 분진에 비해서는 화학적 활성이 낮은 것으로 알려져 있지만, 황사시에 분진의 농도가 매우 높게 증가하고 황사 먼지의 상당부분이 호흡기 깊숙이까지 들어올 수 있는 호흡성 분진이기 때문에 건강에 영향을 줄 가능성은 있다고 봐야 할 것이다. 일부 연구에서는 동물실험을 통해 황사 먼지가 활성이 있음을 보고하기도 하였다.

실제 우리들의 생활에서 황사가 어떤 건강피해를 끼치고 있는지 아직 확실하지는 않다. 황사가 왔을 때 눈이나 목이 따갑거나, 마른기침, 가슴 답답함같은 증상을 경험한 사람들이 적지 않을 것이다. 수도권에 거주하고 있는 성인들을 대상으로 한 조사에서도 황사 때문에 증상을 경험한 사람이 40%가 넘는 것으로 나타나 있다. 이런 증상들은 황사 먼지의 자극에 의한 것인데, 정도가 심하지는 않을지라도 가장 명확한 황사의 건강피해라고 할 수 있을 것이다. 그리고 이 중 일부는 증상이 심하여 병원을 방문하거나 또는 입원하기도 한다. 황사 때 호흡기 질환으로 인한 입원환자가 증가하고 사망위험도 증가할 가능성이 있지만 그렇다고 일부에서 걱정하는 것과 같은 질병의 대량발생 현상은 없는 것으로 보인다. 그러나 노령인구, 호흡기 질환이나 심혈관 질환을 앓고 있는 사람, 영유아 등 생물학적인 약자들에서는 황사의 피해가 실질적으로 나타날 가능성이 높기 때문에 특별한 주의가 필요하다.

황사와 관련해서 한가지 다행스러운 일이라면 최근 들어 황사가 오는 것을 상당부분은 미리 예측 가능하다는 것이다. 따라서 황사에 취약한 사람들을 중심으로 사전에 충분한 주의를 기울인다면 황사에 의한 건강피해를 상당부분 예방할 수 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1. 임형준, 하미나, 조수헌, 권호장. 황사에 대한 인식조사—황사 관련 신문 기사 내용 분석—. 예방의학회지 2003 ; 36(3) : 298 - 301
2. Taylor DA. Dust in the wind. Environ Health Perspect 2002 ; 110(2) : A80 - A87
3. 농촌진흥청. 황사. 2003
4. 이보은, 황승식, 박혜숙, 하은희, 권호장, 방명걸 등. 일부 초등학교 학생들의 황사시 자각증상과 행동변화에 관한 연구. 학교보건학회지 2003 ; 16(1) : 1 - 8
5. 민필기, 김철우, 윤영준, 장제현, 추적금, 이광은 등. 황사현상이 기관지천식 환자의 증상 및 최고호기유속의 일중 변동에 미치는 영향. 천식 및 알레르기 2001 ; 21(6) : 1179 - 86
6. Kwon HJ, Cho SH, Chun Y, Lagarde F, Pershagen G. Effects of the Asian dust events on daily mortality in Seoul, Korea. Environ Res 2002 ; 90 : 1 - 5
7. Chen YS, Sheen PC, Chen ER, Liu YK, Wu TN, et al. Effects of Asian dust storm events on daily mortality in Taipei, Taiwan. Environ Res (in press)