

미세먼지와 건강



단국대의대 예방의학교실 교수 / 권 호 장

들어가는 말

갑자기 닦친 미세먼지 공포 때문에 이번 겨울은 우리국민들에게는 잔인한 계절이었다. 평소에는 잘 들어보지도 못했던 미세먼지 스모그가 중국에서 넘어와 건강을 위협하고 있다고 모든 언론에서 연일 대대적으로 보도하였고 실제 하늘은 스모그 때문에 희뿌옇게 보여서 외출하고 나면 목이 칼칼해지고 몸이 안 좋아지는 느낌이 들었다. 하지만 정부에서는 외출을 자제하라는 권고 외에는 특별한 대책을 내놓지 못했다.

이 글에서는 국민적 관심사가 되어 버린 미세먼지가 도대체 무엇인지, 얼마나 위험한지, 그리고 미세먼지라는 심각한 환경문제에 어떻게 대응해야 하는지를 설명하려고 한다.

미세먼지란?

중국 발 미세먼지 스모그가 언론에서 대대적으로 보도되면서 미세먼지는 중국에서 넘어온 특별한 유해물질이라고 오해하고 있는 사람들도 있지만 미세먼지는 우리 주위에 항상 있는 먼지 중에 말 그대로 아주 작은 먼지를 말한다.

1 밀리미터(mm)의 천분의 일이 1 마이크로미터(μm)인데 지름이 10 마이크로미터 보다 작은 먼지를 미세먼지라고 한다. 영어로는 10마이크로미터 보다 작은 먼지입자(particulate matter)라는 말을 줄여서 PM_{10} 이라고 한다. 그리고 미세먼지 중에 지름이 2.5 마이크로미터 보다 작은 먼지들을 초미세먼지라고

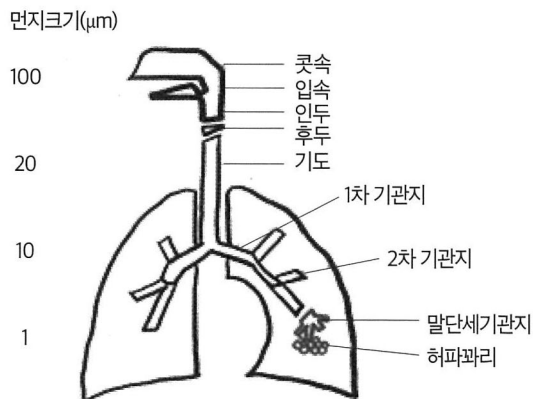
하고 영어로는 $PM_{2.5}$ 라고 한다. 머리카락의 지름이 대략 80 마이크로미터, 우리가 눈으로 식별할 수 있는 물체의 최소 한계가 40 마이크로미터, 세균의 크기가 1 마이크로미터 정도이니까 미세먼지는 눈에 안 보이는 매우 작은 먼지인 것이다.

먼지를 입자의 크기에 따라 분류하는 이유는 독성과 밀접한 관계가 있기 때문이다. 100 마이크로미터가 넘는 먼지들은 대개 코 또는 인후부에서 걸러지고 20 마이크로미터 정도의 먼지는 기관지에서 걸러진다. 이런 먼지들은 눈이나 코에 자극 증상을 일으키기는 하지만 몸 안으로 흡수되는 것은 아니기 때문에 심각한 피해를 주지는 않는다. 10 마이크로미터 이하의 먼지부터 기도를 통해 폐 속까지 들어오기 때문에 호흡성먼지라고 부르기도 한다. 2.5 마이크로미터 이하의 초미세먼지는 폐 속에서 공기와 혈액이 만나는 허파꽂리까지 도달하기 때문에 독성이 더욱 크다(그림 1) 참조).

먼지의 크기는 발생원에 따라 많이 좌우된다. 흙먼지나 모래 먼지 또는 도로에서 발생하는 먼지는 상대적으로 크고, 연소과정에서 만들어지는 먼지는 크기가 작다. 서울시를 예로 들어보면 미세먼지의 경우에는 도로나 흙에서 날리는 비산먼지가 48%로 가장 많고 자동차는 21% 정도를 차지하지만 입자가 작은 초미세먼지의 경우에는 자동차가 35%, 발전이나 소각과 같은 산업부분이 27%를 차지하는 반면에 비산먼지는 12%로 비중이 낮다.

먼지의 화학적 성분도 독성에 중요한 영향을 미친다. 특히 연소과정에서 나오는 아주 작은 먼지에 들어있는 다환성방향족탄화수소(PAHs), 중금속, 황산염, 질산염 등의 유해화학물질들은 허파꽂리에서 더 심한 염증반응을 일으킨다.

요즘 많이 보도되고 있는 것처럼 중국에서도 상당량의 미세먼지가 넘어온다. 전체 미세먼지의 30~50% 정도가 중국에서 온다는 내용이 발표된 적이 있지만 이 부분은 아직 연구가 충분하지 않아 현재로는 정확한 추정치를 알기 어렵다. 다만 대다수의 전문가들이 동의하는 것은 미세먼지가 일정부분 중국에서 넘어오긴 하지만 우리나라에서 배출된 미세먼지의 양이 중국에서 온 것보다 훨씬 더 많다는 것이다.

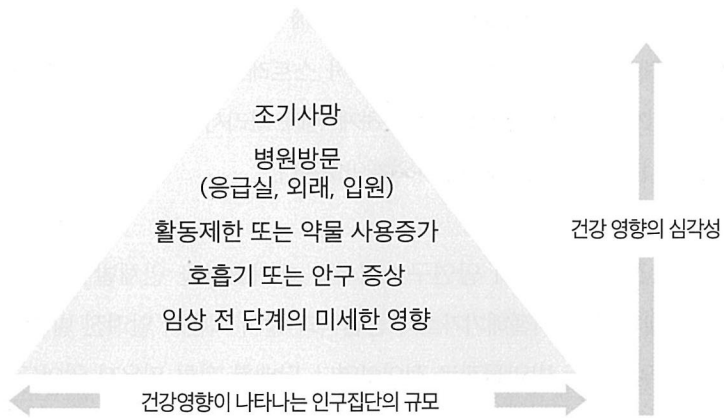


<그림 1> 먼지크기에 따른 호흡기 내 침착부위

미세먼지의 건강영향

미세먼지의 건강영향을 전체적으로 보면 피라미드의 모양과 흡사하다. 많은 사람들이 경미한 피해를 보는 반면 피해의 정도가 심각할수록 상대적으로 적은 사람에서 피해가 나타난다.

예를 들어 이번 겨울에 미세먼지 스모그가 나타났을 때 아마도 대부분의 사람들은 혈액 속 염증지표의 증가와 같이 본인이 자각하지 못하는 수준의 피해를 입었을 것이고 그 중의 일부에서는 기침, 가래, 숨쉬기가 갑갑함, 눈 따가움, 부정맥 같은 증상이 있었을 것이다. 그 중의 일부는 증상 때문에 또는 기존의 질환이 악화되어 병원을 방문했을 것이다. 그리고 그 중의 일부는 사망에 이른 사람도 있을 것이다(그림 2) 참조. 이 피라미드를 반대 방향으로 보면 미세먼지가 사망위험을 증가시켰다는 것은 더 많은 사람이 호흡기나 심혈관질환을 앓았고 그 보다 훨씬 더 많은 사람들에게 관련된 증상이 나타났을 것이라는 것을 의미한다.



<그림 2> 미세먼지의 건강영향

세계보건기구에서는 지난 3월에 2012년 한해 전 세계적으로 모든 사망자 8명 중 한명은 실내외 공기오염으로 사망했다고 발표했다. 즉 700만 명이 실내외 공기오염의 결과로 사망했고 이중 3백 70만 명이 대기오염, 특히 미세먼지로 인한 사망이었다는 것이다.

대기오염으로 인한 사망을 사망원인별로 구분해보면 허혈성심질환이 40%, 뇌졸중 40%, 만성폐쇄성폐질환(COPD) 11%, 폐암 6%, 어린이에서 급성 하기도 감염에 의한 사망이 3%를 차지하였다. 미세먼지로 발생할 수 있는 가장 심각한 건강피해는 심혈관질환, 뇌혈관질환, 폐질환, 폐암이라고 할 수 있는 것이다.

미국심장학회의 전문가들은 미세먼지에 단 몇 시간에서 몇 주 정도만 노출되더라도 심혈관질환과 그로 인한 사망을 유발할 수 있고 몇 년씩 장기간 노출되는 경우(즉 미세먼지가 농도가 높은 곳에 거주하는 경우에는) 단기간 노출될 때보다 심혈관질환으로 인한 사망위험이 훨씬 높아지고 평균수명이 몇 년씩 줄어들 수 있다고 결론을 내렸다.

미세먼지가 심혈관질환을 유발하는 기전은 크게 세 가지로 설명하는데 첫째는 폐 세포의 산화적 스트레스(유해한 활성산소가 증가하고 항산화능력은 감소하는 상태)와 염증반응이 전신적으로 퍼져 혈관내피세포손상, 인슐린저항성 증가, 혈액의 응집성 증가 등이 일어나는 것이고 둘째로는 자율신경계의 균형이 깨져 혈관이 수축되고 부정맥 발생이 증가하는 현상, 그리고 마지막으로 미세먼지 중에서도 특히 더 작은 입자들이 혈액 속으로 직접 들어가 전신적인 염증반응을 초래하는 것으로 설명하고 있다.

미세먼지는 일차적으로 폐를 통해 들어오기 때문에 폐에도 당연히 여러 가지 피해를 입힌다. 기관지의 반응성이 증가해 천식위험이 높아지고 산화적 스트레스로 인해 폐에 염증반응이 유발되며 기도의 섬모작용이 떨어져 유해물질 배출을 잘 못하게 된다. 따라서 기관지염이나 만성폐쇄성폐질환이 유발될 수 있고 세균이나 바이러스 감염에도 더욱 취약해진다.

2013년 세계보건기구 산하의 암연구소에서는 대기오염을 인체발암물질(Group 1 발암물질)로 규정하였는데 대기 중의 디젤배기가스나 중금속과 같이 기존의 알려진 발암물질 뿐 아니라 미세먼지 자체를 폐암을 일으키는 발암물질로 정의하였다. 담배를 전혀 피우지 않아도 공기가 나쁜 곳에 살면 폐암이 걸릴 수 있는 것이다.

우리나라의 미세먼지 오염 현황

올해 들어 미세먼지가 중요한 사회적 이슈로 등장했지만 사실 지난 10년간 미세먼지 농도는 꾸준히 낮아져왔다. 예를 들어 서울시의 미세먼지 농도는 연간평균치가 2002년 공기 1 세제곱미터당 76 마이크로그램($\mu\text{g}/\text{m}^3$)에서 2012년에는 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 현저히 떨어졌다. 다만 2013년 연간평균치가 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 소폭 증가하였는데 이것이 미세먼지 배출량이 다시 증가해서 나타난 현상인지 아니면 기상적 요인에 의한 것인지는 아직 확인되지 않고 있다.

어쨌든 서울을 포함한 대부분의 대도시에서 대기환경기준인 연간평균치 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하를 충족시키고 있다. 하지만 이 수치는 동경, 뉴욕, 파리, 런던 등 주요 대도시의 연간 평균농도가 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하인 것을

감안하면 여전히 높은 수치이다.

환경부 발표

그리고 진짜 심각한 문제는 대기환경기준을 충족시키더라도 안전하지가 않다는 것이다. 세계보건기구의 미세먼지 기준은 PM10이 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고 PM2.5는 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이다. 세계보건기구에서는 세계보건기구의 기준치를 도저히 충족시킬 수 없는 지역에서는 잠정기준치라도 적용하라고 권고하고 있는데 우리나라의 환경기준은 PM10은 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고 PM2.5는 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2015년부터 적용예정)로 세계보건기구의 잠정기준2에 해당한다. 잠정기준2는 세계보건기구의 기준치와 비교해서 사망위험이 9% 가량 높아지는 농도로 결코 안전하다고는 할 수 없는 수준이 것이다(표 1) 참조.

<표 1> 세계보건기구의 대기환경 기준

연간평균	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	설정근거
잠정기준1	70	35	대기기준에 비해 15% 사망위험 증가
잠정기준2	50	25	잠정기준1 보다 사망위험 6% 감소
잠정기준3	30	15	잠정기준2 보다 사망위험 6% 감소
대기기준	20	10	사망위험 증가가 나타나지 않는 수준 PM _{2.5} 기준 사용 권고

미세먼지 피해를 줄이기 위한 방법

미세먼지의 피해를 줄이려면 미세먼지 농도가 높을 때 이를 국민들에게 알리고 대처할 수 있는 방법을 강구하는 것이 필요하다. 정부에서는 올해 2월부터 전국적으로 미세먼지 예보제도를 시행하고 있다. 하루 2번(전날 5시, 당일 11시) 미세먼지(PM₁₀)의 농도를 예측해서 ' 좋음', '보통', '약간 나쁨', '나쁨', '매우 나쁨'까지 5단계로 구분하여 시민행동요령을 제시하고 있다.

미세먼지 농도가 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이 넘을 것으로 예상되면 '약간 나쁨'으로 구분하여 호흡기질환자나 심혈관질환자와 같이 미세먼지에 민감한 사람들에게 실외활동을 자제하도록 권고한다. 농도가 높아질수록 더 강력한 행동요령을 제안하고 있는데(표 2) 참조), 결국 핵심은 미세먼지 접촉을 최소화하는 것이다. 미세먼지 농도가 높을 때 실외에서 운동과 같이 심한 신체활동을 하는 것은 꼭 피해야하는데 운동 시에는 호흡량이 많아져서 평소보다 훨씬 많은 먼지를 흡수하기 때문이다.

<표 2> 서울시 미세먼지 예보제의 구분 및 행동요령

예보구분	예측농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	행동요령
좋음	0~30	-
보통	31~80	-
약간나쁨	81~120	호흡기, 심혈관질환자 심한 옥외활동 자제
나쁨	121~200	호흡기, 심혈관질환자 옥외활동 자제 노인, 어린이 심한 옥외활동 자제 유치원, 초등학교 실외수업 자제 차량운행자제, 미세먼지 배출업소 조업시간 단축
매우나쁨	201~300	호흡기, 심혈관질환자 옥외활동 금지 노인, 어린이 심한 옥외활동 금지 유치원, 초등학교 실외수업 금지 중·고등학교 실외수업 자제 일반인 심한 옥외활동 자제 차량운행자제, 미세먼지 배출업소 조업시간 조정
	301~600	질환자, 노인, 어린이 옥외활동 금지 일반인 심한 옥외활동 금지 유치원 초등학교 수업단축 또는 휴교 중·고등학교 실외수업 금지 차량운행 금지, 미세먼지 배출업소 조업중지

미세먼지 노출을 줄일 수 있는 또 다른 방법으로 흔히 외출할 때 마스크를 착용하도록 권고하고 있다. 이때 착용하는 마스크는 작은 입자를 걸러낼 수 있어야 하는데 보통 수술용 마스크는 초미세먼지의 20~25% 밖에는 잡아내지 못하는 것으로 알려져 있다. 식약처에서는 80% 이상을 걸러내는 제품에 대해 '황사방지용' 마스크로 인증을 해주고 있다. 즉 '황사방지용' 마스크를 착용하면 초미세먼지의 80% 정도는 막아낼 수 있는 것이다. 그럼 안전한 것일까?

마스크 사용과 관련해서는 가장 우려되는 부분은 '잘못된 안심'이다. 80%를 막아낸다는 것은 다른 말로 하면 20%는 들어온다는 것을 의미한다. 게다가 80%는 정면으로 공기가 통과했을 때 걸러내는 것을 의미하기 때문에 마스크가 밀착되지 않아 얼굴과의 틈새를 통해 미세먼지가 들어올 수 있다. 즉 황사마스크의 80% 차단효과는 최대치를 의미하고 실제 사용할 때는 이보다 많은 미세먼지를 흡입하게 된다. 정부에서 인증하는 황사마스크를 썼기 때문에 안전할 것이라고 잘못 안심하면 안 되는 것이다. 호흡기나 심장질환자들은 마스크를 사용할 때 특별한 주의가 필요하다. 호흡기나 심장질환자들은

미세먼지에 취약하기 때문에 당연히 마스크를 사용해야 할 것으로 생각하지만 마스크를 쓰면 공기유입량이 줄어들어 숨쉬기가 힘들어지기 때문에 증상이 악화될 수 있다. 공기의 흐름도 방해하지 않으면서 흡착능력도 뛰어난 마스크가 개발되기 전까지는 미세먼지 오염이 심한 날에는 야외활동을 최대한 자제하는 것이 필요하다.

돼지고기를 먹으면 도움이 될까? 아마도 탄광에서 작업을 끝내 탄가루를 많이 들이마신 광부들이 돼지고기를 먹는 습관이 있는 것에 착안해서 황사가 오거나 미세먼지 농도가 높을 때 돼지고기 소비가 늘기도 한다. 기름기가 많은 돼지고기를 삼키면서 목에 걸린 먼지가 함께 위장으로 내려갈 수는 있지만 호흡기에 싸인 먼지를 제거하는 것은 아니다. 먹어서 나쁠 것은 없지만 일부러 먹을 필요까지는 없다. 물을 많이 마시는 것은 가래 배출을 촉진하기 때문에 도움이 된다. 미세먼지가 폐에서 산화적 스트레스를 일으켜서 호흡기 및 심혈관질환을 일으키기 때문에 항산화제가 많이 들어있는 과일이나 야채를 많이 섭취하는 것도 도움이 될 수 있다.

미세먼지 피해를 예방할 수 있는 가장 근본적인 대책은 미세먼지 배출량 자체를 줄이는 것이다. 우리나라 대도시에서 미세먼지 배출의 가장 중요한 원인이 자동차인 것을 감안해보면 결국은 자동차 배기가스 배출을 어떻게 줄이느냐가 관건이 된다. 그동안 정부에서는 경유차에 저감장치를 부착시키고 오래된 경유차는 조기폐차를 시키는 방식으로 미세먼지 배출을 줄여왔고 상당한 성과가 있었던 것도 사실이다. 하지만 자동차 운행량을 줄이지 못하면 미세먼지, 특히 초미세먼지 농도를 더 낮추기는 어렵기 때문에 앞으로는 국민들과 공감대를 형성한 후에 자동차 운행 자체를 줄이려는 노력을 해야 할 것이다.

미세먼지와 관련해서 항상 명심해야 하는 사실은 공기 중에 있는 미세먼지는 결국은 우리가 만든 미세먼지라는 것이다. 미세먼지로 인한 피해를 예방하기 위해서는 미세먼지 배출을 줄이려는 사회적 노력이 가장 중요하다고 할 수 있다. 🍏