

미세먼지와 어린이 건강

○ 김창수 | 연세대학교 의과대학 예방의학교실
교수
E-Mail : PREMAN@yuhs.ac.kr

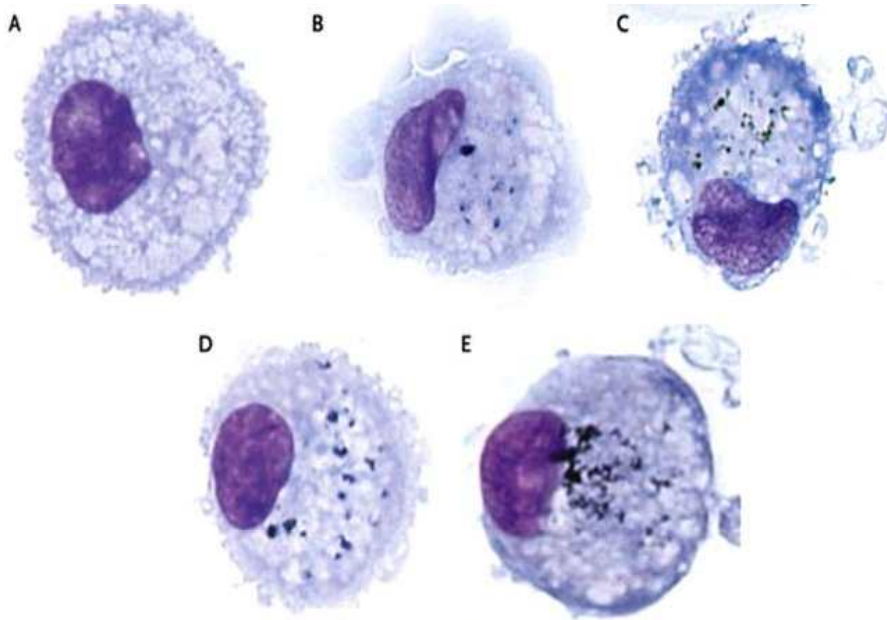
1. 서론

우리나라에서는 최근 2-3년 사이에 대기오염에 대한 관심이 급격히 증가하고 있으며, 시민사회단체, 언론 등에서는 대기오염 해결을 위한 다양한 대책을 요구하고 있다. 특히, 어린이나 만성질환을 앓고 있는 사람에서 대기오염이 더 많은 영향을 미칠 수 있다는 연구결과가 보고되면서 대기오염은 중요한 사회문제로 인식되고 있다. 우리나라에서는 환경에 대한 2009년 3월 환경보건을 제정 및 공포하는 등 많은 노력을 기울이고 있지만, 국민들이 체감할 수 있는 결과를 현재까지는 제시하고 있지 못하고 있다.

미세먼지는 질병 발생의 측면에서도 의학계에서는 전통적인 위험요인으로 알려진 음주, 흡연, 비만 등의 건강하지 못한 생활습관 뿐만 아니라, 대기오염을 주요 위험요인으로 간주하고 있다. 특히, 국제암연구소에는 2014년 대기오염과 건강영향에 관한 세계 각국의 연구논문 및 보고서를 검토한 결과, 대기오염이 폐암 및 방광암의 발생 위험을 증가시키는 것을 확인하고, 1급 발암물질로 정의하였다. 현재 대기오염과 미세먼지는 각각 112번과 113번째 1급 발암물질로 국제암연구소에서는 분류하고 있다. 최근에는 일부 학자들은 흡연을 제외한 가장 중요

한 만성질환 발생 위험요인으로 대기오염을 제시하기도 한다.

대기오염 물질 중에서 미세먼지는 보통 지름이 $10\mu\text{m}$ (0.01mm)이하의 먼지입자로 눈에 보이지 않으며, 크기가 작기 때문에 바닥에 잘 가라앉지 않고 대기 중에 떠있게 된다. 또한 호흡시에 미세먼지 입자는 사람의 폐포까지 침투하기 때문에 여러가지 질환을 발생시키고 또한 악화시키는 중요한 원인으로 평가되고 있다. 미세먼지는 주로 탄소성분, 이온성분, 광물성분으로 구성되어, 다양한 화학물질을 포함하고 있다. 미세먼지가 인체에 들어오게 되면, 다양한 생물학적 반응이 일어나는데, 이러한 반응은 입자의 표면적과 비례하여 발생하게 된다. 종이 컵에 골프공을 넣게 되면, 2-3개가 들어가는 반면, 크기가 작은 구슬을 넣게 되면, 수십개가 들어갈 수 있다. 즉, 인체와 반응할 수 있는 표면적이 작은 구슬일 경우에 골프공보다 훨씬 크기 때문에 인체에서의 생물학적 반응 혹은 악영향이 클 수 밖에 없다. 또한, 직경 $2.5\mu\text{m}$ 이하의 초미세먼지(PM_{2.5}) 혹은 그보다 작은 크기인 PM_{1.0}의 경우에는 직접 인체내 장기(심장, 뇌 등)에 직접 침투하여 직접적으로 인체 장기에 영향을 미칠 수 있다. 본 원고에서는 미세먼지의 건강영향, 특히 어린이에게 미치는 영향에 대해 살펴보고자 한다.



자료 : Kulkarni N 등, N Engl J Med 2006; 355: 21-30

그림 1. 어린이 객담에서 검출한 대식세포 및 블랙카본(검댕)

2. 본 론

미세먼지의 건강영향에 대한 연구는 초기에는 대부분 천식, 만성폐쇄성폐질환 등의 호흡기질환에 중점을 두고 연구가 진행되었다. 미세먼지 노출은 천식 증상을 악화시키고, 다양한 호흡기 질환의 발생 및 악화에 직접적인 관련성이 있음이 보고되었다. 특히, 미국에서 이루어진 연구에 따르면, 초등학교 학생들의 객담을 전자현미경으로 확대한 결과, 도로에 가까운 학교에 다니는 학생의 대식세포에서 미세먼지의 주요 성분인 블랙카본(검댕)이 많이 관찰되었으며(그림1, E), 도로와 거리가 멀어질수록 대식세포에서 블랙카본이 검출되지 않는 것으로 보고하였다(그림1, A). 또한, 도로에 가까운 초등학교 학생의 호흡기능 및 호흡기 성장이 도로와 많이 떨어져 있는 초등학교 학생에 비해 현저히 악화되는 것을 보고하였는데, 이는 어린이에게서 미세먼지

노출은 호흡기능의 성장과 악화에 중요한 관련성이 있는 것을 의미한다.

최근에는 미세먼지에 대한 노출이 단순히 폐에 국한되지 않고, 혈액내의 순환성 염증 촉진성 생물학적 표지자(circulating proinflammatory biomarkers)들의 증가와 연관성이 있는 것으로 판단된다. 미세먼지 노출후 고령 및 관상동맥 죽상경화증을 가진 사람에서 C-반응단백의 증가, 젊은 성인들과 과체중 노인들에서 C-반응단백 및 섬유소원 증가, 소아에서 C-반응단백, 종양 괴사 인자 및 interleukin (IL)-1 상승하였다는 결과가 보고되었다. 특히, 미세먼지 노출 직후 다양한 염증성 표지자들이 상승하는 것으로 보고되고 있어 짧은 기간 높은 농도의 미세먼지 노출도 전신적으로 영향을 미칠 수 있는 것으로 확인되었다. 보스턴에서 진행된 연구에 따르면, 학교 교실에서 공기청정기 설치 전후에 천식으로 진단받은 학생들의 혈액에서 염증지표를 측정한

미세먼지는 줄이고 건강은 지키는 10가지 국민참여 행동



미세먼지를 줄이는 5가지 실천	나와 가족의 건강을 지키는 5가지 실천
<p>01 차량은 2부제, 가까이는 걸어서, 먼거리는 대중교통으로!</p>	<p>01 미세먼지가 나쁜 날에도 10분씩 하루 3번, 조리 후에는 30분 이상 환기 필수!</p>
<p>02 공회전, 과속, 과적은 NO, 친환경 운전습관 지키기!</p>	<p>02 공기청정기나 환기시스템의 필터는 미리 점검하기!</p>
<p>03 폐기물 배출을 줄여 소각량도 줄이고, 미세먼지도 줄이고!</p>	<p>03 외출 후에는 손씻기, 세수하기, 양치질로 미세먼지 제거하기!</p>
<p>04 겨울철 적정 실내온도(20℃) 유지, 낭비되는 대기전력 줄이기!</p>	<p>04 건강상태에 따라 보건용 마스크를 올바르게 착용하기!</p>
<p>05 불법소각이나 불법배출, 못 본 척 말고 바로 신고하기!</p>	<p>05 미세먼지가 매우 나쁜 날에는 격렬한 운동 피하기!</p>

그림 2. 미세먼지 국민참여 행동. 국가기후환경회의

결과, 염증지표가 공기청정기 설치 후에 다소 호전된 것으로 보여, 단기간의 미세먼지 노출이 소아에서의 전신적 염증지표 증가와도 관련이 있는 것으로 보인다.

이러한 염증지표의 증가는 소아에서 천식증상의 악화 및 다양한 전신질환 위험을 증가시키거나 악화시킬 수 있다.

최근 연구에서 흥미로운 부분은, 미세먼지가 코로 흡입된 후 후각신경을 통해 혹은 전신 순환을 통해 미세먼지 입자가 직접 뇌로 이동할 수 있다는 것이다. 멕시코의 연구진은 멕시코시티의 유기견과 해안가의 미세먼지 농도가 낮은 지역의 유기견을 비교 분석하였는데, 미세먼지 농도가 높은 멕시코시티의 유기견은 뇌자기공명영상(brain MRI) 촬영에서 고백질신호가 관찰되었고, 조직검사에서는 뇌혈관장벽 파괴, 뇌혈관내피세포 이상증식을 관찰하였다.

특히, 뇌혈관세포의 기저막에서는 블랙카본이 관찰되어 미세먼지가 뇌에 직접 침투하는 것을 확인하였다. 이러한 연구는 초미세먼지가 정신건강에도 중요한 영향을 미칠 수 있다는 것을 보여준다. 우리나라에서 진행된 연구에서도 미세먼지 농도가 높을수록 자살 위험이 증가하고, 우울증 및 공황장애로 인한 입원이 증가하는 것으로 지속적으로 보고하고 있다.

최근 미국에서 발표한 연구에 의하면, PM2.5가 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 높은 지역에 거주하는 사람의 뇌자기공명영상 촬영에서 측정된 뇌피질두께와 뇌크기가 줄어든 것을 관찰하였으며, 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가시 약 1세정도 뇌노화가 빨리 일어나는 것으로 보고하였다. 이러한 연구 결과는 미세먼지가 치매, 파킨슨병 등 퇴행성뇌질환의 중요한 위험요인임을 의미한다.

특히, 미세먼지가 중추신경계에 미치는 영향은 어린이에서 중요한 의미를 가진다. 영·유아 및 청소년기에는 중추신경계의 성장과 발달이 이루어지는 중요한 시기이며, 이러한 시기에 성장 발달이 저해된다면, 다양한 신경계 및 정신과적 질환의 발생이 증가할 가능성이 높다. 최근에는 미세먼지 노출이 어린이에게서 자폐증, 주의력결핍·과잉행동장애(ADHD)의 위험 증가와도 관련이 있다는 연구결과가 발표되고 있다.

최근 유럽에서는 뇌자기공명영상(Brain MRI) 촬영기법을 활용한 흥미로운 연구결과가 발표되었는데, 6-10세의 어린이 783명을 대상으로 촬영한 뇌자기공명영상에서 높은 농도의 미세먼지에 노출되는 어린이가 낮은 농도에 노출된 어린이에 비해 뇌피질(brain cortex)의 두께가 얇은 것을 확인하였으며,

다른 연구에서는 미세먼지가 높은 지역의 학교 학생들에서 뇌연결망(brain connectivity)이 훼손되어 있는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 높은 농도의 미세먼지에 장기적으로 노출될 경우, 어린이 뇌발달, 인지기능 성장 저하와 정신과적 질환의 발생과 악화 위험이 증가할 수 있다는 것을 보여준다.

3. 결론

미세먼지의 건강 영향을 줄이는 가장 중요한 방법은 배출원을 제거하고, 공기질을 개선하는 것이지만, 매우 어렵고, 많은 시간이 걸려야만 효과를 볼 수 있다. 반면, 개인적인 차원에서 스스로 미세먼지 노출을 줄이는 것은 즉각적인 효과를 볼 수 있기 때문에 대부분의 국민들이 개인적 차원의 저감수단을 활용하고 있다. 외부활동 자제, 마스크 착용, 공기청정기의 사용이 대표적인 미세먼지 노출 저감을 위한 개인적 행동인데, 이는 신중하게 접근할 필요가 있다. 특히, 어린이는 정신적·신체적 성장이 이루어지는 시기로, 신체활동이 질병 발생과는 더 중요한 관련성을 가질 수밖에 없다. 미세먼지 노출 감소를 위한 야외활동의 제한 등은 오히려, 어린이의 정신적·신체적 성장에 악영향을 미칠 가능성도 매우 높다.

최근, 국가기후환경회의에서는 실외운동과 마스크 착용에 대한 권고기준을 마련하고 이를 발표하였으며(그림 2). 이러한 권고기준을 적절히 활용하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 미세먼지로 인한 질병의 발생과 악화는 거주하는 일반인 전체를 대상으로 이루어진다는 특징이 있으며, 특히, 정신적 및 신체적인 성장이 이루어지는 중요한 시기에 있는 영·유아, 어린이에게 대기오염으로 인한 건강 위해영향이 더 높게 나타날 수밖에 없다.

따라서 대기질 개선을 위한 정책이나 예산을 단순히 질병 발생 및 사망의 감소로만 연결지어 비용-효과성을 평가하는 단순한 접근 보다는, 건강불평등 개선이라는 관점에서 접근한다면 대기질 개선을 위한 정책의 중요성이 더 커질 것이라 생각된다.