

대기오염이 노년인구의 건강에 미치는 영향

Air Pollution Effects in the Elderly Population

권 호 장 | 단국의대 예방의학교실 | Ho-Jang Kwon, MD

Department of Preventive Medicine, Dankook University College of Medicine

E-mail : hojang@dku.edu

J Korean Med Assoc 2007; 50(2): 191 - 196

Abstract

A lot of studies on the associations between outdoor air pollution and effects on both acute and chronic mortality and hospital admissions have been published worldwide. The elderly population seems to be at a higher mortality and morbidity risk for air pollution. Time series studies based on Korean population show that elderly population are at higher risk of death due to nitrogen dioxide and Asian dust events. A study of daily hospital admission in Seoul shows that for ischemic heart disease the relative risk of admission associated with particle in the population aged 65 and more is two times higher than that of younger population. APHEA (Air pollution on health; a European approach) projects show the similar trend of increased risk in elderly population. The effects of daily ambient particle concentrations on the number of deaths among the elderly in 28 European cities are consistently larger, by 10~20%, than those estimated for all age mortality. The mechanisms for the adverse health effects of air pollution have yet to be elucidated. A possible explanation is that air pollution adds the extra vulnerability which leads to increased risk of disease and morbidity. Regarding the fact that the proportion of elderly population has rapidly increased in Korea, we need to urgently lower the air pollution levels enough to protect the most sensitive populations including the elderly people.

Keywords : Air pollution; Elderly population; Mortality; Hospital admission

핵심용어 : 대기오염; 노년인구; 사망; 입원

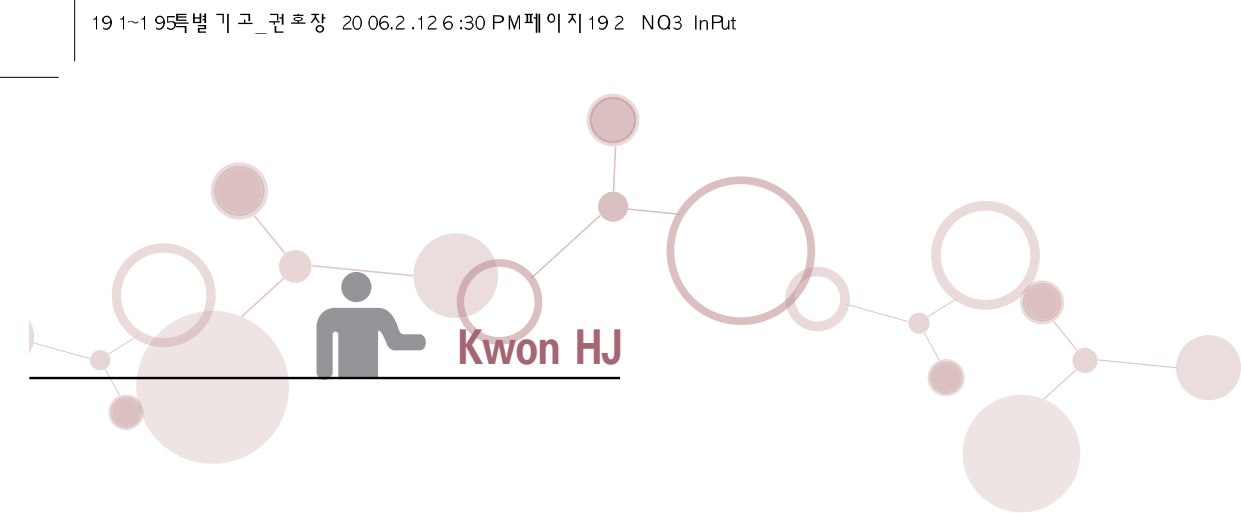
서론

대기오염이 건강에 해롭다는 것은 많은 연구를 통해서 이미 잘 알려져 있으며, 심한 경우에는 호흡기 질환이나 심장 질환으로 인해 병원에서 치료를 받는 사람과 사망하는 사람의 숫자가 증가한다.

대기오염은 지역적인 문제로 같은 도시에 사는 사람들은 비슷한 수준의 대기오염을 경험하게 되지만, 같은 농도의

대기오염물질에 노출되었다고 할 지라도 건강에 피해를 입는 정도는 사람마다 다르게 나타나는 것으로 알려져 있다. 특히 어린이, 고령자, 심장 또는 폐질환을 앓고 있는 사람들은 대기오염에 더 취약한 것으로 보고되고 있다.

본 특별기고에서는 대기오염에 민감한 집단중 노령자에 초점을 맞추어 대기오염 문제를 다루고자 한다. 우리나라에서는 최근 노년인구의 비율이 급증하고 있다. 통계청의 2005년 인구주택총조사에 따르면 65세 이상의 노년인구가



436만명으로 전 인구의 9.3%로 나타났다. 이는 2000년의 7.3%에 비해 크게 증가한 소견이며 앞으로 이러한 추세는 더욱 가속화될 전망이다. 이는 우리 국민중에 대기오염에 취약한 인구집단이 증가하는 것을 나타내는 동시에 대기오염에 의한 피해가 더욱 커질 수 있음을 의미한다.

따라서 본 특별기고에서는 노년인구의 대기오염 취약성과 그 이유에 대해 국내외 연구 결과를 중심으로 살펴보고자 한다.

노년인구의 대기오염 취약성에 대한 국내외 연구

1. 국내연구 사례

노년인구집단이 대기오염에 취약하다는 사실은 주로 시계열분석을 이용한 연구를 통해 밝혀지고 있다. 자료 분석 시에 해당 도시의 전체 인구집단을 대상으로 대기오염과 건강지표의 관련성을 분석한 후 다시 노년인구로 한정해서 분석하여 그 결과를 비교하는 것이다. 대기오염물질 농도 증가에 따른 건강영향의 위험도 증가가 전체 인구집단이나 젊은 사람을 대상으로 분석했을 때보다 노년인구로 한정해서 분석했을 때 높게 나온다면 그만큼 노년인구가 대기오염에 취약하다고 평가하는 것이다.

연령을 구분해서 결과가 발표된 역학연구를 중심으로 노년인구가 대기오염에 얼마나 취약한지를 살펴보고자 한다.

2001년에 발표된 국내연구에서는 1994년부터 1998년까지 서울 지역에서 심장 질환의 일종인 심부전으로 입원한 후 사망한 1,807명을 분석한 연구결과를 보고하고 있다(1). 75세 이후에 사망한 사람이 939명으로 전체의 52%였다. 대기오염과 사망의 관련성을 75세 전후로 구분하여 대기오염물질별로 분석하였을 때 전체적으로 고령연령에서 대기오염의 위험이 높게 나타났으며, 특히 이산화질소의 경우 농도가 연중 상위 75%에 해당하는 날은 25%에 해당하는 날에 비해 사망위험이 증가했는데 75세 미만에서는 5%로 증가하는 것으로 나타났지만 75세 이상에서는 17.3% 증가하는 것으로 나타났다. 이는 노년인구에서 대기오염으로 인한 사망위험이 일반인구집단에 비해 3배 이상 높다는 것을 보여주는 결과이다(Figure 1).

Table 1. Estimates for the percent increase of the admission with ischemic heart disease.

Pollutants	Interguartile range	Total Population	≥64 yr old
PM ₁₀	40.4	-1(-4, 1)	5(1~10)
Ozone	21.7 ppb	4(1, 7)	10(5~15)
Nitrogen dioxide	14.6 ppb	0(-8, -1)	8(3~14)

Adapted from Lee JT, et al.(3)

Table 2. Estimates for the increase in the total daily number of deaths and deaths among the elderly associated with a 10 μ g/m³ increase of PM₁₀

Mortality	Increased mortality(%)
≥65 yr old	
Fixed effects model	0.79(0.66~0.92)
Random effects model	0.74(0.52~0.95)
Total	
Fixed effects model	0.71(0.60~0.83)
Random effects model	0.67(0.47~0.87)

Adapted from Aga E, et al.(4)

Table 3. Pooled percentage increases under fixed and random effect models for a 10 μ g/m³ increase of PM₁₀

	Increase(%)	95% CI
Cardiac, Total	0.5	0.4, 1.8
Cardiac over 65 years	0.7	-0.4, 2.2
IHD below 65 years	0.3	0.4, 5
IHD over 65 years	0.8	0.6, 1.6

Adapted from Tertre A, et al.(5)

노년인구는 일반적인 대기오염 뿐 아니라 황사에 대해서도 취약한 것으로 보고되고 있다. 황사 기간 중에는 공기 중 먼지 농도가 급격하게 높아지지만 먼지의 주 성분이 주로 흙먼지이기 때문에 보통의 도시 분진에 비해서는 건강에 대한 영향이 적을 것으로 생각되어왔다. 하지만 황사와 함께 중국 동북부지역의 대기오염물질이 같이 유입될 수 있기 때문에 건강위험에 대한 우려가 높아지고 있다. 1995년부터 1998년까지 서울 지역에서 사망한 사람을 대상으로 황사의 영향을 분석한 연구에 따르면 전체 사망자를 대상으로 했을 때는 황사시에 1.7% 사망위험 증가가 관찰되지만 65세 이상 인구로 한정해서 분석하면 황사로 인한 사망위험이 2.2% 증가하는 소견을 나타내었다(2).

대기오염이 영향을 미치는 일차적인 장기는 폐와 심장이 다. 따라서 대기오염으로 인한 사망의 대부분은 폐 질환과

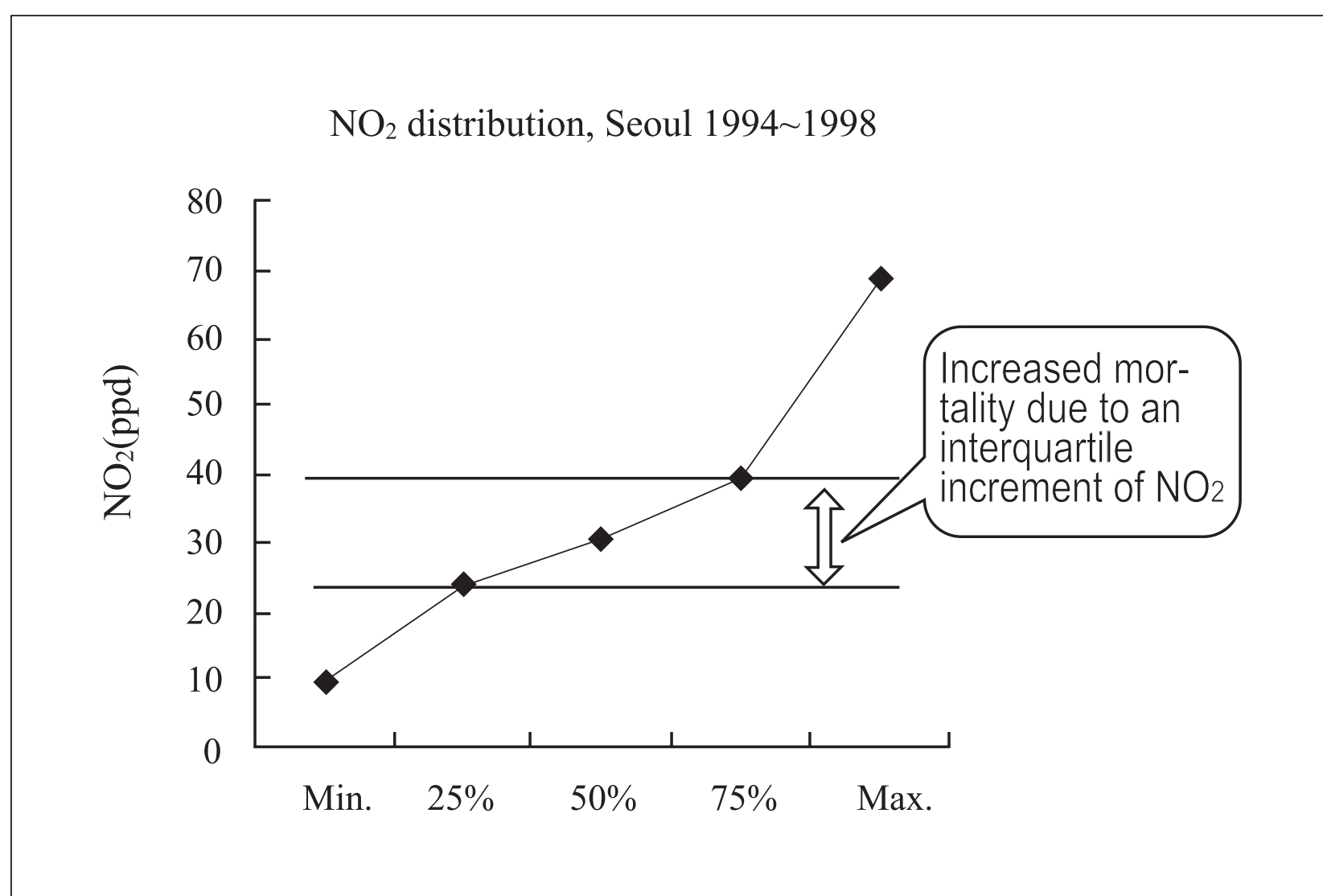


Figure 1. Comparison by age of the increased risk of death associated with an interquartile increment of nitrogen dioxide in Seoul

심장 질환으로 인한 사망이 차지하고 있고 아울러 대기오염이 심해지면 폐 질환과 심장 질환으로 인해 입원하는 환자 수도 증가하는 것으로 알려져 있다.

국내에서도 1997년부터 1999년까지 2년 동안 서울시민을 대상으로 대기오염과 허혈성심질환의 관련성을 보는 시계열 연구가 보고된 바 있다(3). 이 연구에서는 대기오염 농도가 하위 25%에서 상위 25%로 높아짐에 따라 허혈성심질환으로 입원할 위험이 얼마나 증가하는지를 분석하였다. 대부분의 대기오염물질에서 전체 인구집단을 대상으로 분석했을 때는 대기오염과 허혈성심질환과의 관련성을 찾을 수 없었지만 64세 이상의 노년인구로 한정해서 분석했을 때에는 오염물질에 따라 5~10% 정도 입원환자가 증가하는 소견을 나타내었다(Table 1).

2. 국외연구 사례

대기오염의 영향을 보기 위한 국제적인 공동연구들이 이루어지고 있다. 국제 공동 연구는 특히 유럽에서 활발하다. 유럽 내 10개 국가의 15개 도시가 참여한 아피아(Air Pollution on Health: a European Approach, APHEA) 프로젝트 1단계가 성공적으로 수행되었고 2001년 이후에는 28개

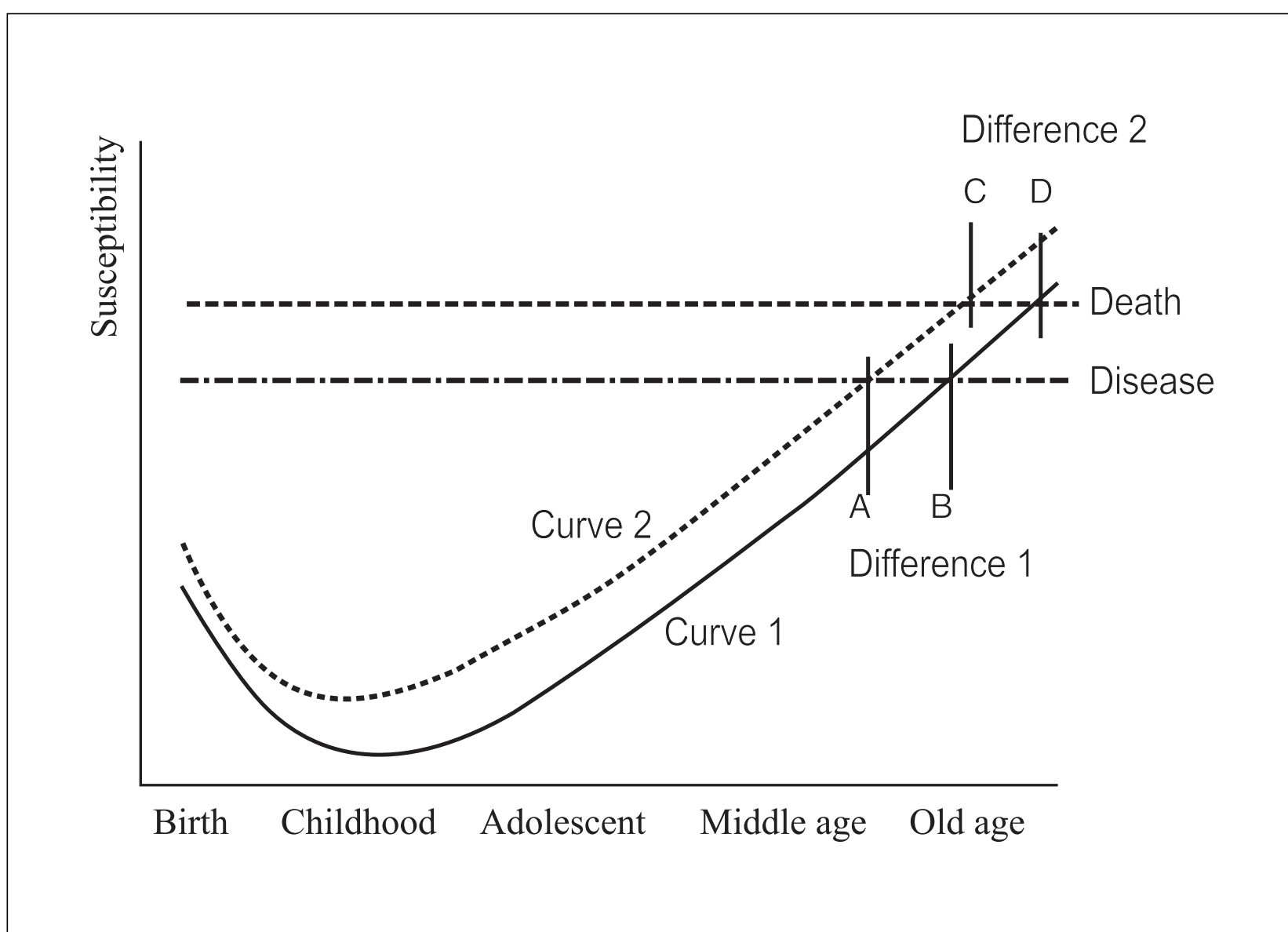
도시로 확대된 2단계 프로젝트가 진행중에 있다.

아피아 프로젝트 2단계에서 분석한 결과에 따르면 65세 이상의 노년인구로 한정해서 분석했을 때 미세먼지(PM₁₀)로 인한 사망위험이 전체 인구를 대상으로 했을 때와 비교하여 10~20% 증가하는 것으로 나타났다(4). 유럽 28개 도시의 전체 인구를 대상으로 랜덤효과모형을 이용하여 추정하였을 때 미세먼지 10 µg/m³ 증가하면 사망위험이 0.71% 증가하는 것으로 추정되었으나 대상인구를 65세 이상으로 한정하면 동일한 미세먼진

증가에 따른 사망위험이 0.79% 증가하는 것으로 나타났다(Table 2). 이 연구에서는 각 도시별 노년인구의 비율에 따라 미세먼지의 위험이 달라지는 것을 보고하고 있다. 즉 28개 도시 중 노년인구의 비율이 높은(상위 25%에 속하는) 도시의 65세 이상 인구의 비율은 17%이고 낮은(하위 25%) 도시에서는 65세 이상 인구의 비율이 13%인데, 노년인구의 비율이 17%인 지역에서는 미세먼지 10 µg/m³ 증가로 인한 사망위험이 0.85%로 노년인구의 비율이 13%인 지역에서의 위험도 0.67%에 비해 매우 높게 나타난 것이다.

이는 대기오염 정도가 똑같다 하더라도 노년인구의 비중이 높아지면 대기오염의 치명도가 높아질 것임을 나타내는 소견이다.

아피아 프로젝트에서는 대기오염과 심혈관질환 입원의 관련성에 대한 분석결과도 보고한 바 있다. 이 결과에 따르면 미세먼지(PM₁₀) 농도가 10 µg/m³ 증가하면 심장 질환으로 입원할 위험이 0.5% 증가하는데, 분석대상을 65세 이상 노년인구로 제한하면 0.7%로 위험이 증가하였고, 65세 이상 노년인구 및 허혈성심질환으로 한정하면 0.8%로 증가하였다(5). 이 연구에서 미세먼지(PM₁₀) 농도 10 µg/m³ 증가에 따른 65세 미만의 허혈성심질환 입원 위험이 0.3%인 것



Adapted from Anderson HR, et al.(7)

Figure 2. A conceptual model showing how the added effect of air pollution could bring forward the onset of clinical disease and death

을 감안하면 65세 노인인구에서는 대기오염 때문에 허혈성 심질환으로 입원할 위험성이 2배 이상 높아진다고 볼 수 있다(Table 3).

대기오염에 대한 노인인구의 취약성은 청정한 지역으로 알려진 호주나 뉴질랜드의 도시에서 수행된 연구에서도 유사하게 관찰된다. 호주와 뉴질랜드의 7개 도시를 대상으로 대기오염과 심혈관질환으로 입원의 관련성을 분석한 연구가 최근에 발표되었다(6). 흥미로운 것은 대상 도시의 대기오염 수준이 미세먼지(PM₁₀) 기준으로 호주 브리스번(Brisbane)시의 16.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 크리스처처치(Christchurch)시의 20.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 이르기까지 매우 낮다는 것이다. 대상지역의 대기오염 수준이 매우 낮음에도 불구하고 대기오염은 심혈관질환의 위험을 증가시켰으며, 특히 노인인구에서는 젊은 성인인구집단에 비해 많게는 8배까지 심혈관 질환으로 입원할 위험이 높게 나타났다.

3. 노인인구가 대기오염에 취약한 이유

소아과에서는 흔히 “어린이는 작은 어른이 아니다” 라고 한다. 어린이가 단지 어른의 축소판이 아니라 성인과는 달

리 아직 성장발달 단계가 완료되지 않은 특별한 개체로 인식해야 한다는 것이다. 노인인구 역시 대기오염의 영향을 평가할 때는 단지 나이가 많은 어른이 아니라 독특한 개체로서 인지할 필요가 있다.

노년에는 폐기능, 심장기능, 면역기능 등 일반적인 신체 기능이 떨어져 있다. 또한 환경유해인자에 젊은 사람에 비해 훨씬 오래 노출되었고 노출 특성 또한 요즘과는 매우 다를 수 있다. 지금의 노인 인구가 청·장년기를 보낸 70~80년대에는 지금보다 흡연율이 훨씬 높았기 때문에 흡연을 했을 가능성이

많고 흡연을 하지 않았다 하더라도 금연지역에 대한 개념이 적었기 때문에 간접흡연에 노출되었을 가능성이 높다. 또한 사업장에서도 작업환경에 대한 관리가 잘 안되던 시기이기 때문에 직업적으로 여러가지 유해요인에 노출되었을 것이다. 그리고 과거에는 도시의 아황산가스 농도가 매우 높았기 때문에 지금보다 훨씬 높은 농도의 아황산가스에 노출되었다.

또한 노인인구들은 질병에 걸려 있을 가능성이 많다. 심혈관 계통의 질환, 호흡기 질환, 당뇨 등 내분비질환 모두가 대기오염에 대한 감수성을 높인다.

노년에서 대기오염의 영향이 나타나는 기전은 Figure 2를 통해 설명할 수 있다. 사람은 일반적으로 나이가 들어갈수록 질병에 대한 감수성이 커진다. 즉 질병에 걸릴 위험이 높아진다. 그 이유는 노화에 따른 신체 기능의 저하, 구체적으로는 폐와 심장 기능이 감소하고 감염에 대한 저항성이 떨어지기 때문이다. 대기오염에 계속 노출되는 경우에는 질병에 대한 감수성이 추가로 높아지게 된다. 즉 개념적으로 얘기하면 연령에 따른 질병 감수성 곡선이 1에서 2로 바뀌게 된다(7).

흔히 COPD로 알려져 있는 만성폐쇄성폐질환의 예를 들어보자. COPD는 폐기능이 떨어져 호흡곤란이 발생하는 질환으로 흡연이 가장 중요한 위험요인이고 그 밖에 대기오염, 간접흡연, 어린 시절의 감염, 또는 유전적 소인이 위험요인으로 알려져 있다. 나이가 들어감에 따라 폐기능이 점차로 감소하지만 보통의 경우에는 폐기능에 여유분이 있기 때문에 나이가 B 지점에 이를 때까지는 COPD 증상이 나타나지 않는다. 그러나 같은 사람이 대기오염에 지속적으로 노출되어 감수성 곡선이 2로 바뀌게 되면 나이가 A지점에 이르렀을 때 증상이 나타날 것이다. 즉, 차이 1에 해당하는 기간만큼 일찍 COPD가 발생하는 것이다. 사망 역시 같은 기전으로 대기오염에 지속적으로 노출되면 D지점에서 사망할 사람이 C지점에 사망하게 됨으로써 차이 2에 해당하는 기간만큼 조기 사망을 하게 된다.

노년층에서 대기오염에 취약한 이유를 항산화기능의 감소로 설명하기도 한다. 오존이나 이산화질소와 같은 가스 형태의 오염물질과 미세먼진의 표면에 붙어있는 여러 화학성분들은 그 자체로 강력한 산화제로 작용한다. 만일 항산화기능이 적절하게 작동하지 않는다면 이러한 산화제는 기관지 세포에 손상을 미치게 된다. 기관지 안쪽 표면에는 얇은 액체막(respiratory track lining fluid, RTLF)이 있어 일차적인 항산화 방어막으로 작용한다. 노년층에서는 액체막 내에 있는 항산화제 성분의 조성이나 양에 변화가 있는데 이것이 노년층에서 관찰되는 대기오염에 대한 감수성 증가를 설명하는 이유가 될 수 있다. 노년층에서 항산화기능의 변화가 오는 원인은 비타민 섭취 감소, 기본적 산화스트레스의 증가 등이 있지만 아마도 가장 중요한 이유는 노령화로 인해 산화적 스트레스에 대한 적응능력이 감소하기 때문인 것으로 생각되고 있다(8).

결론

최근에 활발히 진행되고 있는 대기오염 역학연구의 주요 결론은 대기환경기준치 이하의 농도에서도 대기오염이 건강에 해롭다는 것이다. 대기오염은 다양한 건강피해를 일으키는데 특히 호흡기질환, 심혈관질환의 위험을 증가시키고 사

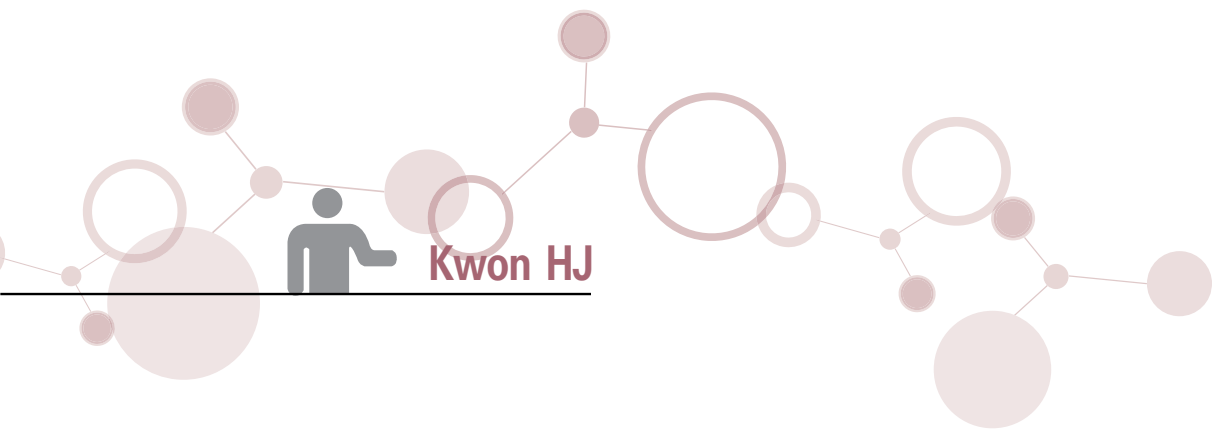
망위험을 증가시킨다. 그리고 신체기능이 떨어져 있는 노약자들이 대기오염의 일차적인 희생자들이다. 세계 각지에서 수행된 역학연구 결과를 보면 같은 농도의 대기오염물질에 노출되더라도 노령층에서는 피해를 볼 확률이 젊은 층에 비해 평균 2배 이상 높게 나타난다.

우리나라는 이미 2000년을 기점으로 65세 노년인구의 비율이 7%가 넘는 고령화사회가 되었고 2018년에는 노년인구의 비율이 14.3%에 달하는 고령사회로 진입할 것으로 추정되고 있다. 이는 우리사회가 점점 더 대기오염에 취약한 사회로 변화하고 있는 것을 의미한다.

대기오염으로 인한 피해로부터 국민 건강을 보호하기 위해서는 대기오염 수준을 현재보다 획기적으로 낮추어야 하고 노년층을 대상으로 하는 대기오염 연구 역시 활발히 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Kwon HJ, Cho SH, Nyberg F, Pershagen G. Effects of ambient air pollution on daily mortality in a cohort of patients with congestive heart failure. *Epidemiology* 2001;12:413-419.
2. 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.
3. Lee JT, Kim H, Cho YS, Hong YC, Ha EH, Park H. Air pollution and hospital admissions for ischemic heart diseases among individuals 64+ years of age residing in Seoul, Korea. *Arch Environ Health* 2003;58:617-623.
4. Aga E, Samoli E, Touloumi G, Anderson HR, Cadum E, Forsberg B, Goodman P, Goren A, Kotesovec F, Kriz B, Macarol-Hiti M, Medina S, Paldy A, Schindler C, Sunyer J, Tittanen P, Wojtyniak B, Zmirou D, Schwartz J, Katsouyanni K. Short-term effects of ambient particles on mortality in the elderly: results from 28 cities in the APHEA2 project. *Eur Respir J* 2003;40(S):28-33.
5. Le Tertre A, Medina S, Samoli E, Forsberg B, Michelozzi P, Boumghar A, Vonk JM, Bellini A, Atkinson R, Ayres JG, Sunyer J, Schwartz J, Katsouyanni K. Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities. *J Epidemiol Community Health* 2002;56:773-779.
6. Barnett AG, Williams GM, Schwartz J, Best TL, Neller AH, Petroeschevsky AL, Simpson RW. The effects of air pollution on hospitalizations for cardiovascular disease in elderly people in Australian and New Zealand cities. *Environ Health Perspect*



2006;114:1018-1023.

7. Anderson HR, Atkinson RW, Bremner SA, Marston L. Particulate air pollution and hospital admissions for cardiorespiratory diseases: are the elderly at greater risk? Eur Respir J

2003 40(S):39-46.

8. Kelly FJ, Dunster C, Mudway I. Air pollution and the elderly: oxidant/antioxidant issues worth consideration. Eur Respir J 2003;40(S):70-75.

자율학습 2007. 1월호 (수술후 구역과 구토의 예방 및 치료) 정답

1. ②

2. ①

3. ②

4. ④

5. ①

6. ①

7. ④

8. ③

9. ③

10. ①