역학 · 관리보고서 2

미세먼지 노출에 따른 외부 신체활동이 당뇨병 및 심뇌혈관질환 발생에 미치는 영향

서울대학교 의과대학 의과학과 **최슬기, 김성래**
서울대학교 의과대학 가정의학교실 **김계형, 박상민***
질병관리청 국립보건연구원 만성질환융복합연구부 심혈관질환연구과 **김근영, 김원호***

*교신저자 : smpark.snuh@gmail.com, 02-2072-3331 / jhkwh@nih.go.kr, 043-719-8650

초 록

본 연구는 미세먼지 노출이 심뇌혈관질환 발생에 미치는 연관성을 파악하고 그 위해효과를 최소화하기 위한 방안을 새롭게 마련하여 제시하고자 수행되었다. 미세먼지 노출과 심뇌혈관질환의 연관성에 대해서는 기존의 연구에서 이미 잘 알려져 있지만, 미세먼지 노출에 따른 외부 신체활동이 심뇌혈관질환 발생과 그 선행 주요 원인질환인 당뇨병 발생에 미치는 효과에 대한 연구는 부족한 상황이다.

국가대기오염정보관리시스템 정보를 활용한 지역수준의 미세먼지 데이터베이스와 국민건강보험공단 자료를 활용한 개인수준의 보험청구 데이터베이스를 활용하여 미세먼지 노출에 따른 외부 신체활동이 당뇨병 및 심뇌혈관질환 발생 증가에 미치는 영향을 파악하기 위해 대규모 코호트 기반 분석 연구를 진행하였다. 분석 결과, 미세먼지에 적게 노출된 군과 많이 노출된 군 모두에서 중강도 이상의 신체활동을 실천한 군에서 당뇨병 및 심뇌혈관질환 발생 위험도가 크게 감소하는 것을 관찰하였다.

결론적으로, 미세먼지 노출 정도와 무관하게 신체활동을 할 경우, 당뇨병 및 심뇌혈관질환 발생 예방 효과를 본 연구에서 확인하였으나, 상관성을 보이지 않는 상반된 연구 결과들도 여전히 보고되고 있는 실정이다. 개인이 가지고 있는 기저질환이나 신체적 특성에 따라 신체활동이 미치는 효과에 차이가 있을 수 있어 개인 맞춤형 신체활동 지침 마련을 위한 추가적인 연구가 더 필요한 상황이다.

주요검색어 : 미세먼지, 심뇌혈관질환, 당뇨병, 신체활동

들어가는 말

전 세계적으로 미세먼지(PM2.5, PM10) 농도와 심혈관질환 위험증가에 대한 다양한 형태의 연구가 수행되어 학술지와 언론매체를 통해서 발표 및 보도되고 있다. 미세먼지 배출원을 줄이기 위한 친환경 정책을 통해 미세먼지로 인한 질병 증가 등 대기오염과 관련된 건강 문제를 해결하기 위한 노력이 있었으나, 현재까지도 국내, 유럽연합, 세계보건기구 등이 제시한 권고수준 이상으로 일일 및 연평균 미세먼지가 국내에서 관측되고 있는 현실이다.

규칙적인 신체활동은 건강한 운동효과가 있어 당뇨병 및 심혈관질환 위험을 감소시키지만, 미세먼지 노출은 당뇨병 및 심혈관질환 위험성을 증가시킨다는 것이 잘 알려져 있다. 하지만, 신체활동이 미세먼지 노출에 따른 심혈관질환 등의 발생에 미치는 영향에 대한 연구는 제한적이며, 실제로 많은 국민들은 미세먼지 농도가 높은 날 운동을 하는 것이 건강에 좋은지에 대한 궁금증을 가지고 있다. 이에, 미세먼지 노출에 따른 외부 신체활동의 강도와 당뇨병 및 심혈관질환 발생 위험의 상관성 연구가 필요한 상황이다.

본 연구에서는 미세먼지 노출에 따른 외부 신체활동이 당뇨병 및 심뇌혈관질환 발생 위험에 미치는 영향을 파악함으로서 미세먼지 폐해를 최소화 시킬 수 있는 방안을 마련하기 위해 기획하여 지원하고 있는 「미세먼지기인 질병대응연구(R&D)」 사업으로 수행되었다(2019-ER6304-00).

몸 말

1. 연구방법

가. 공개된 미세먼지 측정 자료 활용

미세먼지 자료는 공개된 정보를 활용하여 전국 및 지역별 수치 자료를 수집하였다. 예를 들어, 기상청의 미세먼지 측정치를 제공하는 국가대기오염정보관리시스템(NAMIS)이 있고 여기에서 수집된 자료는 에어코리아(www.airkorea.or.kr)에서 확인할 수 있다. 수집된 대기오염 정보를 지역 정보로 나누어서 처리하고, 최종적으로 지역별 미세먼지 연간 평균 농도를 계산하여 지역별 차이(시·군·구 단위로 세분화)에 따른 분석을 진행하였다. 국가대기오염정보관리시스템을 이용하면 전국 곳곳에 약 280여 개에 달하는 대기오염 측정소의 데이터를 얻을 수 있어 대부분 지역의 미세먼지 농도를 알 수 있지만, 측정소가 없어 미세먼지 농도를 알 수 없는 지역의 경우에는 해당 지역에서 가장 가까운 인근 측정소의 수치를 사용하였다. 이렇게 산출한 미세먼지 노출량을 낮음/중간, 높음(70백분위수 기준) 등으로 카테고리화 하여, 미세먼지의 수준이 심혈관질환과 당뇨병 발생 및 위험도에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다.

나. 미세먼지 노출에 따른 신체활동이 당뇨병에 미치는 영향

본 연구에서 사용한 국민건강보험공단 7대 대도시 58세 이상 코호트 자료(코호트 DB; database)는 대규모 건강보험 청구자료로, 국민건강보험공단의 전 국민 데이터베이스에서 7대 대도시에 거주하는 모든 58세 이상 인구를 추출한 코호트 자료이다. 이러한 코호트 DB에는 각 대상자에 대해 개인 단위의 성별, 연령, 소득수준 등과 같은 사회경제학적 정보는 물론, 건강검진을 받은 대상자의 경우 신체활동량, 흡연여부 등과 같은 건강행태와 혈액검사와 같은 실험실 검사를 통해 측정된 건강 상태 정보까지 포함되어 있다. 따라서 본 연구에서는 2009년과 2010년 사이에 건강검진을 받은 대상자를 추출하여 신체활동량을 추정하였고, 이를 국제적 권장량을 기준으로 카테고리화 하여 신체활동 수준에 따라 대상자들을 그룹화하였다. 또한 각 개인의 거주 정보(시·군·구 단위)를 활용하여 앞서 구축한 미세먼지 데이터와 연계한 후, 각 지역별로 산출되어 있는 미세먼지 연간 평균 농도를 기반으로 개인별 미세먼지 노출량을 추정하여 미세먼지 노출에 따른 신체활동이 당뇨병에 미치는 영향을 분석하였다.

7대 대도시 58세 이상 고령 인구에서 2009년 혹은 2010년에

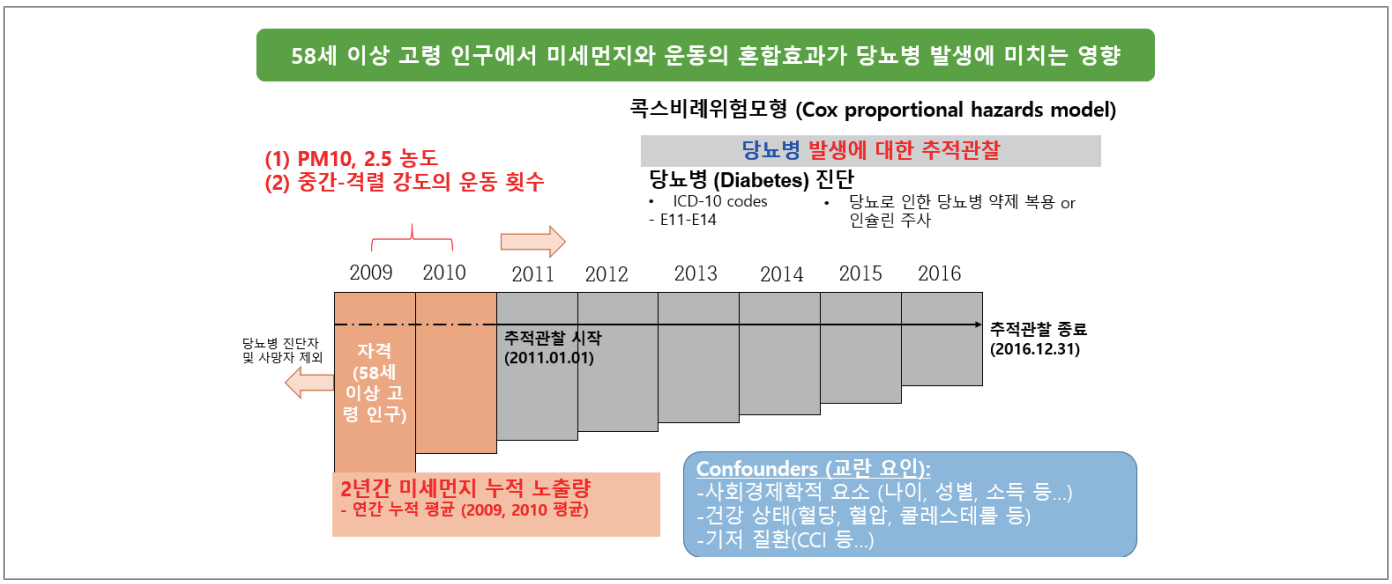


그림 1. 58세 이상 고령 인구에서 미세먼지 노출에 따른 신체활동이 당뇨병 발생에 미치는 영향 연구 디자인 모식도

건강검진을 받은 대상자 중 이전에 당뇨병에 걸린 병력이 있거나, 사망했거나, 주요 변수 정보가 없거나, 공복혈당이 126 mg/dL 이상인 대상자를 제외한 결과 최종적으로 1,259,871명에 해당하는 고령 인구가 연구대상자로 선정되었다. 이 중 PM2.5 데이터는 2009~2010년 기준 서울, 부산, 인천 3개 대도시에 대해서만 측정이 이루어졌으므로 이에 해당하는 853,085명의 대상자를 따로 추출하여 분석을 진행하였다. 통계분석 방법으로는 콕스비례위험회귀분석(cox proportional hazard regression analysis)을 사용하였으며, 이를 토대로 미세먼지 노출에 따른 신체활동이 야기하는 당뇨 발생 위험비(Hazard ratio), 95% 신뢰구간 (Confidence interval)을 산출하였다. 특히 당뇨병 추적관찰 기간은 2011년 1월 1일부터 2016년 12월 31일까지 6년으로 하여 분석을 진행하였으며, 각 질환 발생에 영향을 미칠 수 있는 다양한 교란변수(혈압, 콜레스테롤 등)들 역시 보정하여 결과의 신뢰성을 높이고자 하였다(그림 1).

다. 미세먼지 노출에 따른 신체활동이 심뇌혈관질환에 미치는 영향

본 연구에서 사용한 국민건강보험공단 표본코호트 데이터베이스(DB)는 대규모 건강보험 청구자료로, 국민건강보험공단의 전 국민 데이터베이스에서 비례 배분법을 토대로 대상자(전 국민의 2%로 100만 명)를 표본추출한 대한민국 국민의 대표성을 띄고 있는 코호트 자료이다. 이러한 표본코호트 DB에는 앞서 언급한 바와 같이 각 대상자 개인 단위의 성별, 연령 등과 같은 사회경제학적 정보와 함께, 건강검진을 받은 대상자의 경우 신체활동량, 흡연여부 등과 같은 건강행태 등이 포함되어 있다. 본 연구에서는 2009년과 2010년 사이에 건강검진을 받은 대상자를 선정하여 신체활동량을 추정하였고, 각 개인의 거주지 정보를 활용하여 미세먼지 데이터와 연계하였다. 이후, 각 시·군·구별로 수집된 미세먼지 연간 평균 농도를 활용하여 개인별 미세먼지 노출량을 추정하고, 이를 기반으로 미세먼지 노출에 따른 신체활동이 심혈관질환에 미치는 영향을 보고자 하였다.

40세 이상 인구에서 2009년 혹은 2010년에 건강검진을 받은 대상자 중, 이전에 심혈관질환으로 진단받은 적이 있거나, 사망했거나, 주요 변수 정보가 없는 대상자를 제외한 결과 최종적으로 189,771명에 해당하는 표본이 연구 대상자로 선정되었다. 이 중 PM2.5 데이터는 2009~2010년 기준 서울, 부산, 인천 3개 대도시에 대해서만 측정이 이루어졌으므로, 이에

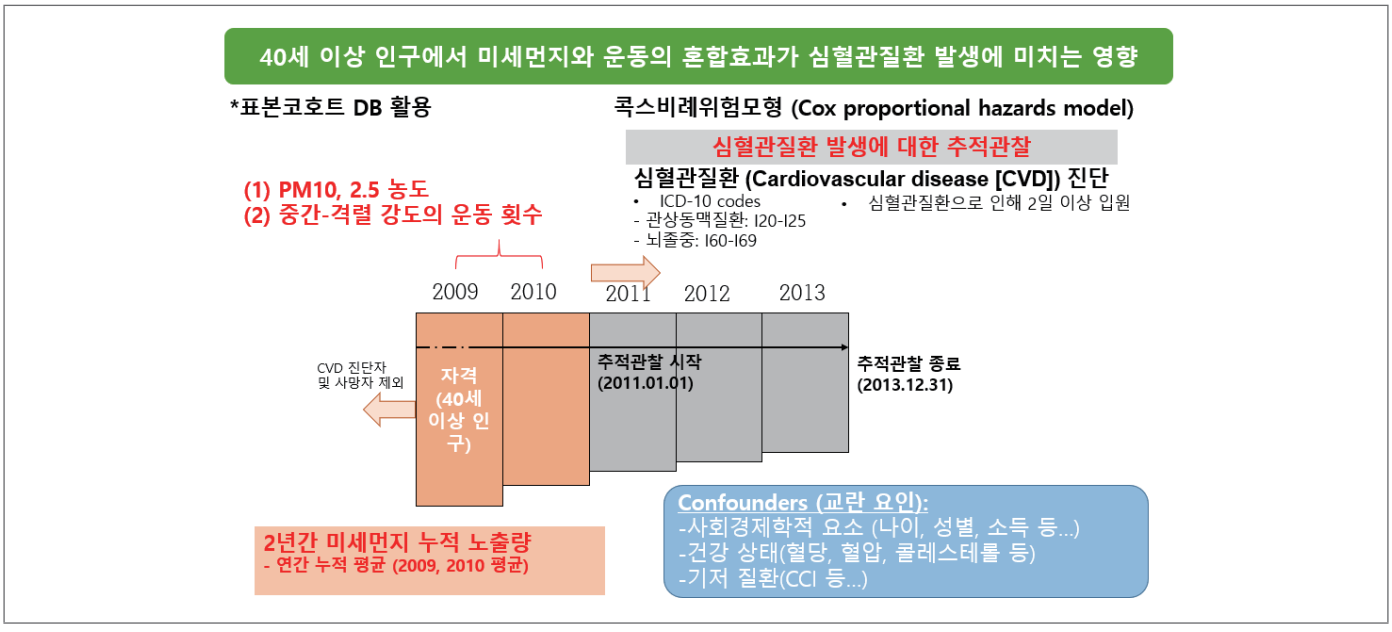


그림 2. 40세 이상 인구에서 미세먼지 노출에 따른 신체활동이 심혈관질환 발생에 미치는 영향 연구 디자인 모식도

해당하는 59,115명의 대상자를 따로 추출하여 분석을 진행하였다. 통계분석 방법으로는 콕스비례위험회귀분석을 사용하였으며, 이를 토대로 미세먼지 노출에 따른 신체활동이 야기하는 심혈관질환, 관상동맥질환, 뇌졸중 발생 위험비(Hazard ratio), 95% 신뢰구간(Confidence interval)을 산출하였다. 특히 심혈관질환 추적관찰 기간은 2011년 1월 1일부터 2013년 12월 31일까지로 약 3년의 추적관찰 기간 하에 분석을 진행하였다. 각 질환 발생에 영향을 미칠 수 있는 다양한 교란변수(혈압, 혈당, 콜레스테롤 등)까지 함께 보정하여 결과의 신뢰성을 높이고자 하였다(그림 2).

2. 연구결과

가. 미세먼지 노출에 따른 신체활동이 당뇨병에 미치는 영향

콕스비례위험회귀모형을 이용한 분석 결과는 그림 3과 같다[1]. 먼저 연구 대상자를 총 8개 군으로 나눈 후, 낮은/중간 농도[2]의 미세먼지 노출 환경에서 중강도 이상 신체활동[3]을 주당 0회, 1~2회, 3~4회, 5회 이상 하는 군(이상 4개군)과 높은 농도[4]의 미세먼지 노출 환경에서 중강도 이상 신체활동을 주당 0회, 1~2회, 3~4회, 5회 이상 하는 군 (이상 4개군)을 합한 8개 군과 높은 농도의 미세먼지 노출 환경에서 중강도 이상 신체활동을 0회 한 대조군을 비교하였을 때, PM10과 PM2.5 모두 미세먼지 농도에 관계없이 많은 신체활동량이 당뇨병 발생 위험도를 유의하게 감소시키는 것으로 나타났다. 즉, 낮은/중간 농도의 PM10 노출 환경에서 중강도 이상 신체활동을 5회 이상 한 군은 당뇨병 위험도가 9% 감소하였고, 높은 농도의 PM10 노출 환경에서 중강도 이상 신체활동을 5회 이상 한 군은 당뇨병 위험도가 3% 감소하였다(그림 3A). 낮은/중간 농도의 PM2.5 노출 환경에서 중강도 이상 신체활동을 5회 이상 한 군은 당뇨병 위험도가 12% 감소하였고, 높은 농도의 PM2.5

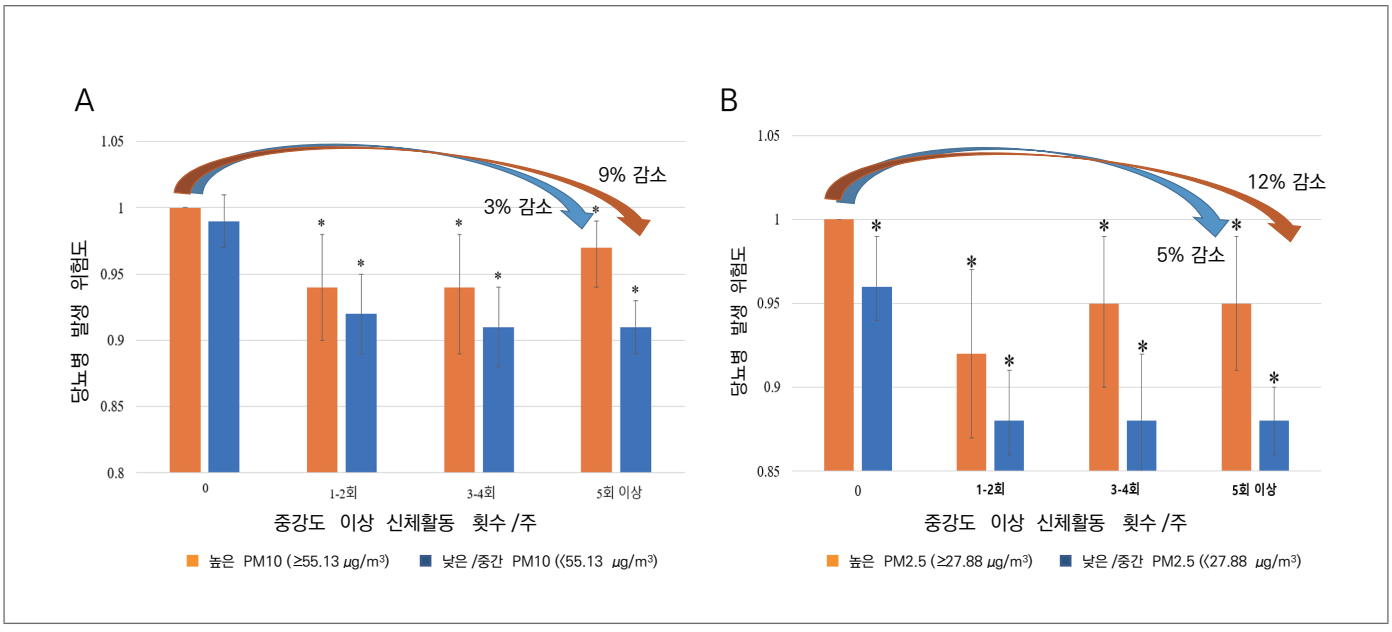


그림 3. 58세 이상 고령 인구에서 미세먼지 노출에 따른 신체활동이 야기하는 당뇨병 발생 위험도(*P 〈 0.05)

1) 연령, 성별, 소득 수준, 체질량지수, 흡연 여부, 음주 상태, 혈압, 총 콜레스테롤, Charlson 동반질환지수를 보정하였다.

2) PM10 〈 53.13 μg/m³ 혹은 PM2.5 〈 27.88 μg/m³

3) 평소보다 숨이 조금 더 차게 만드는 중간정도 활동(예: 빠르게 걷기, 복식 테니스 치기, 보통 속도로 자전거 타기, 엎드려 걸레질하기 등)을 하루 30분 이상 시행하거나, 평소보다 숨이 훨씬 더 차게 만드는 격렬한 활동(예: 달리기, 에어로빅, 빠른 속도로 자전거 타기, 등산 등)을 하루 20분 이상 수행한 경우를 의미한다. 해당 신체활동들은 신진대사 해당치(Metabolic Equivalent Task; MET)를 기준으로 3 METs 이상에 해당한다.

4) PM10 ≥ 53.13 μg/m³ 혹은 PM2.5 ≥ 27.88 μg/m³

노출 환경에서 중강도 이상 신체활동을 5회 이상 한 군은 당뇨병 위험도가 5% 감소하였다(그림 3B). 이러한 위험감소 효과는 높은 농도의 PM10 혹은 PM2.5에서는 약간 희석되는 경향성이 보였으나(역-J 모양 그래프), 희석된 위험감소 효과조차 유의한 감소 효과가 확인되었다.

결론적으로, 58세 이상 고령 인구에서는 미세먼지(PM10과 PM2.5) 노출 농도 수준에 관계없이 중강도 이상 신체활동을 하는 것이 장기적 관점에서 당뇨병 예방에 효과가 있을 수 있음을 시사한다.

나. 미세먼지 노출에 따른 신체활동이 심뇌혈관질환에 미치는 영향

콕스비례위험회귀모형을 이용한 분석 결과는 그림 4, 그림 5와 같다[5]. 연구 대상자를 총 8개 군으로 나눴을 때 낮은/중간 농도[6]의 미세먼지 노출 환경에서 중강도 이상 신체활동을 주당

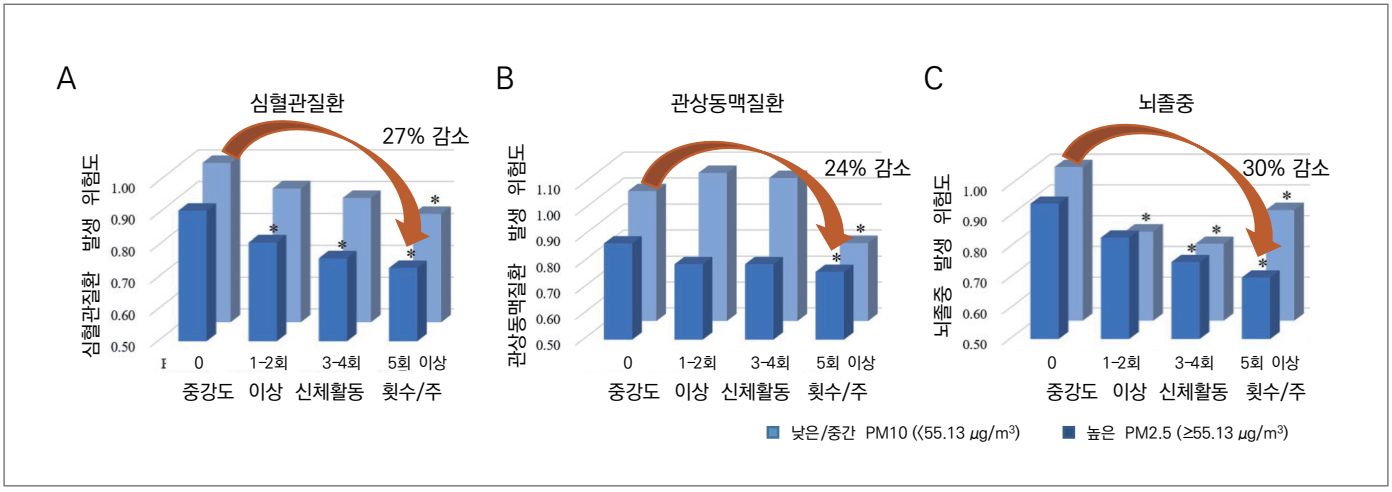


그림 4. 40세 이상 인구에서 미세먼지(PM10) 노출에 따른 신체활동이 야기하는 심혈관질환, 관상동맥질환, 뇌졸중 발생 위험도(*P 〈 0.05)

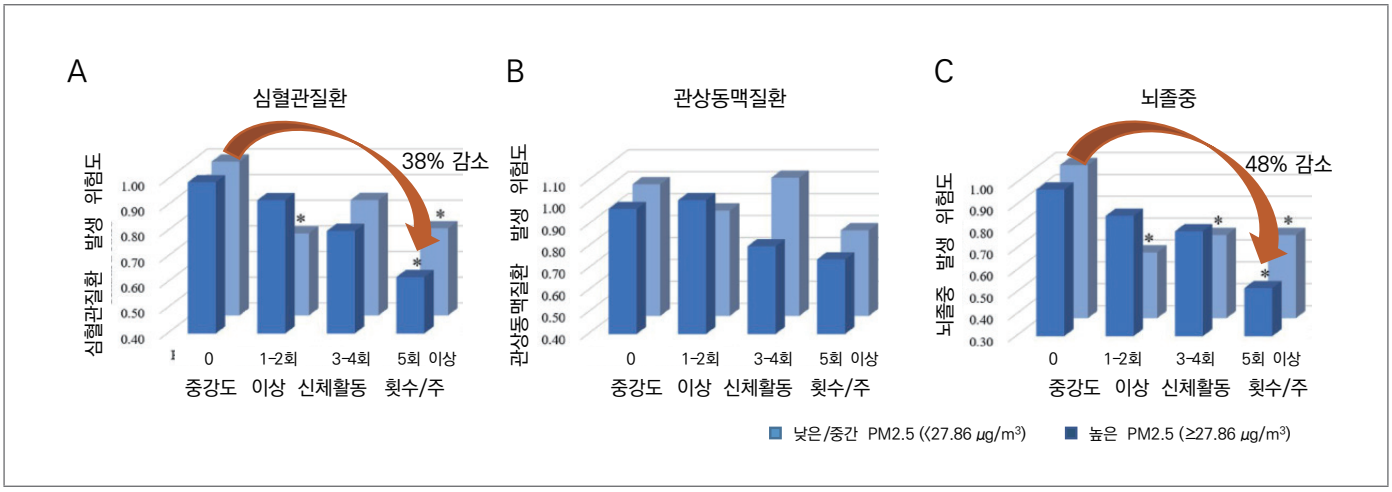


그림 5. 40세 이상 인구에서 초미세먼지(PM2.5) 노출에 따른 신체활동이 야기하는 심혈관질환, 관상동맥질환, 뇌졸중 발생 위험도(*P 〈 0.05)

5) 연령, 성별, 소득 수준, 체질량지수, 흡연 여부, 음주 상태, 혈압, 혈당, 총 콜레스테롤, Charlson 동반질환지수를 보정하였다.
6) PM10 〈 55.13 μg/m³ 혹은 PM2.5 〈 27.86 μg/m³

0회, 1~2회, 3~4회, 5회 이상 하는 군(이상 4개군)과 높은 농도[7]의 미세먼지 노출 환경에서 중강도 이상 신체활동을 주당 0회, 1~2회, 3~4회, 5회 이상 하는 군(이상 4개군)을 합한 8개 군과 낮은/중간 농도의 미세먼지 노출 환경에서 중강도 이상 신체활동이 전혀 없는 대조군과 비교하였을 때, PM10과 PM2.5 모두 미세먼지 농도에 관계없이 많은 신체활동을 한 군에서 심혈관질환, 관상동맥질환, 뇌졸중 발생 위험도가 감소하는 것을 확인하였다. 즉, 높은 농도의 PM10에 노출되더라도 중강도 이상 신체활동을 5회 이상 한 군은 심혈관질환 위험도가 27%(그림 4A), 관상동맥질환 위험도가 24%(그림 4B), 뇌졸중 위험도가 30%(그림 4C) 감소하였다. 이와 유사하게, 높은 농도의 PM2.5에 노출되더라도 중강도 이상 신체활동을 5회 이상 한 군은 심혈관질환 위험도가 38%(그림 5A), 뇌졸중 위험도가 48%(그림 5C) 감소하였으나, 관상동맥질환과의 연관성은 관찰되지 않았다(그림 5B). 이러한 신체활동에 따른 위험감소 효과는 높은 농도의 PM10, PM2.5에서도 희석되는 경향성을 보이지 않고 활동량 증가에 따른 위험감소 효과가 일정하게 관찰되었다.

결론적으로, 40세 이상 인구에서는 미세먼지(PM10과 PM2.5) 노출 농도 수준에 관계없이 중강도 이상 신체활동을 하는 것이 장기적 관점에서 심혈관질환 예방에 효과가 있을 수 있음을 시사하였다.

맺는 말

저농도 및 고농도의 미세먼지에 노출되더라도 중강도 이상의 신체활동이 당뇨병 및 심혈관질환 발생의 예방 효과가 있을 수 있음을 확인하였다. 미세먼지의 농도가 높을수록 외부 신체활동을 꺼리는 경향이 있으나, 중강도 이상의 신체활동을 꾸준히 하는 것은 미세먼지 농도에 상관없이 당뇨병 및 심혈관질환 예방에 효과적임을 제안한다. 하지만, 미세먼지의 농도가 특히 높은 날에도 외부 신체활동이 당뇨병 및 심혈관질환 발생 위험을 예방할 수 있는 지 결론을 내리기에는 근거자료가 충분치 않으므로, 향후 본 연구를 뒷받침할만한 근거자료 생산이 더 필요하다.

① 이전에 알려진 내용은?

미세먼지는 당뇨병 및 심뇌혈관질환 발생의 위험요인이다. 그러나 (초)미세먼지 노출에 따른 신체활동이 추후 당뇨병 및 심뇌혈관질환 발생 위험에 미치는 영향을 파악한 연구는 부족하다.

② 새로이 알게 된 내용은?

미세먼지 노출 농도와 관계없이, 중강도 이상의 꾸준한 신체활동이 당뇨병 및 심뇌혈관질환 발생 위험도를 감소시키는 것을 확인할 수 있었다.

③ 시사점은?

미세먼지에 의한 당뇨병 및 심뇌혈관질환 발생 위험도 감소를 위하여 외부 미세먼지 농도와 상관없는 꾸준한 신체활동이 필요한 것으로 분석되었으나, 이를 뒷받침할 수 있는 추가적인 연구가 필요하다.

참고문헌

1. Kim SR, Choi S, Keum N, Park SM. Combined Effects of Physical Activity and Air Pollution on Cardiovascular Disease: A Population–Based Study. J Am Heart Assoc. 2020;9(11):e013611.
2. Kim SR, Choi D, Choi S, et al. Association of combined effects of physical activity and air pollution with diabetes in older adults. Environ Int. 2020;145:106161.
3. Di Q, Dai L, Wang Y, et al. Association of short–term exposure to air pollution with mortality in older adults. JAMA – Journal of the American Medical Association. 2017;318(24):2446–2456.
4. Dominici F, Peng RD, Bell ML, et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. JAMA. 2006;295(10):1127–1134.
5. Cakmak S, Dales RE, Vidal CB. Air pollution and mortality in Chile: Susceptibility among the elderly. Environmental Health Perspectives. 2007;115(4):524–527.
6. Sacks JD, Stanek LW, Luben TJ, et al. Particulate matter–induced

7) PM10 ≥ 55.13 μg/m^3 혹은 PM2.5 ≥ 27.86 μg/m^3

health effects: who is susceptible? Environ Health Perspect. 2011;119(4):446–454.
7. Carey IM, Anderson HR, Atkinson RW, et al. Traffic pollution and the incidence of cardiorespiratory outcomes in an adult cohort in London. Occup Environ Med. 2016;73(12):849–856.
8. Kojima S, Michikawa T, Ueda K, et al. Asian dust exposure triggers acute myocardial infarction. European Heart Journal. 2017;38(43):3202–3208.
9. Zanobetti A, Schwartz J, Dockery DW. Airborne particles are a risk factor for hospital admissions for heart and lung disease. Environ Health Perspect. 2000;108(11):1071–1077.
10. Aga E, Samoli E, Touloumi G, et al. Short-term effects of ambient particles on mortality in the elderly: results from 28 cities in the APHEA2 project. Eur Respir J Suppl. 2003;40:28s–33s.
11. Michikawa T, Ueda K, Takami A, et al. Japanese Nationwide Study on the Association Between Short-term Exposure to Particulate Matter and Mortality. J Epidemiol. 2019;29(12):471–477.
12. Chen R, Gao Q, Sun J, et al. Short-term effects of particulate matter exposure on emergency room visits for cardiovascular disease in Lanzhou, China: a time series analysis. Environ Sci Pollut Res Int. 2020;27(9):9327–9335.
13. Wang Y, Eliot MN, Wellenius GA. Short-term changes in ambient particulate matter and risk of stroke: a systematic review and meta-analysis. J Am Heart Assoc. 2014;3(4):e000983.
14. Liu W, Shen G, Chen Y, et al. Air pollution and inhalation exposure to particulate matter of different sizes in rural households using improved stoves in central China. J Environ Sci (China). 2018;63:87–95.
15. Ryou HG, Heo J, Kim SY. Source apportionment of PM10 and PM2.5 air pollution, and possible impacts of study characteristics in South Korea. Environ Pollut. 2018;240:963–972.
16. Vienneau D, de Hoogh K, Faeh D, et al. More than clean air and tranquillity: Residential green is independently associated with decreasing mortality. Environ Int. 2017;108:176–184.
17. Seo S, Choi S, Kim K, Kim SM, Park SM. Association between urban green space and the risk of cardiovascular disease: A longitudinal study in seven Korean metropolitan areas. Environ Int. 2019;125:51–57.
18. Samoli E, Stafoggia M, Rodopoulou S, et al. Associations between fine and coarse particles and mortality in Mediterranean cities: results from the MED-PARTICLES project. Environ Health Perspect. 2013;121(8):932–938.
19. Kim KA, Hwang SY. Effects of a daily life-based physical activity enhancement program for middle-aged women at risk for cardiovasscular disease. J Korean Acad Nurs. 2019;49(2):113–125.
20. Roberts JD, Voss JD, Knight B. The association of ambient air pollution and physical inactivity in the United States. PLoS One. 2014;9(3):e90143.
21. An R, Zhang S, Ji M, Guan C. Impact of ambient air pollution on physical activity among adults: a systematic review and meta-analysis. Perspect Public Health. 2018;138(2):111–121.
22. Dong GH, Zhang P, Sun B, et al. Long-term exposure to ambient air pollution and respiratory disease mortality in Shenyang, China: a 12-year population-based retrospective cohort study. Respiration. 2012;84(5):360–368.

이 원고는 “Kim SR, Choi S, Keum N, Park SM. Combined Effects of Physical Activity and Air Pollution on Cardiovascular Disease: A Population-Based Study. J Am Heart Assoc. 2020;9(11):e013611”과 “Kim SR, Choi D, Choi S, et al. Association of combined effects of physical activity and air pollution with diabetes in older adults. Environ Int. 2020;145:106161”의 내용을 요약 정리하였습니다.

Abstract

Combined effects of physical activity and air pollution on diabetes and cardiovascular disease

Choi Seulggie, Kim Seong Rae
Department of Biomedical Sciences, Seoul National University College of Medicine
Kim Kyae Hyung, Park Sang Min*
Department of Family Medicine, Seoul National University College of Medicine
Kim Geun-Young, Kim Won-Ho*
Division of Cardiovascular Disease Research, Department of Chronic Disease Convergence Research, Korea National Institute of Health, Korea Disease Control and Prevention Agency (KDCA)

There is scientific evidence that air pollution from particulate matter (PM) is associated with the increase in cardiopulmonary morbidity and mortality. The main aims of this study were to determine the combined effects of PM and physical activity and to make recommendations to minimize PM's impact on cardiovascular risk and diabetes. While previous studies have demonstrated the association of PM with diabetes and cardiovascular disease, there is a relative lack of evidence on the combined effects of PM and physical activity with subsequent diabetes and cardiovascular disease risk.
Using the area-level PM database along with the Korean National Health Insurance Service database on individual-level health claims data, we determined the combined effects of PM and physical activity with subsequent diabetes and cardiovascular disease risk using a large-scale cohort study design. Analysis revealed that participants exposed to low and high levels of PM had lower risk of diabetes and cardiovascular disease upon increasing physical activity levels.
Based on this study's findings, reduced diabetes and cardiovascular disease risk upon physical activity regardless of PM exposure is expected. However, this study suggested that further study is required to fully explain and support these findings.

Keywords: Particulate matter, Cardiovascular disease, Diabetes, Physical activity

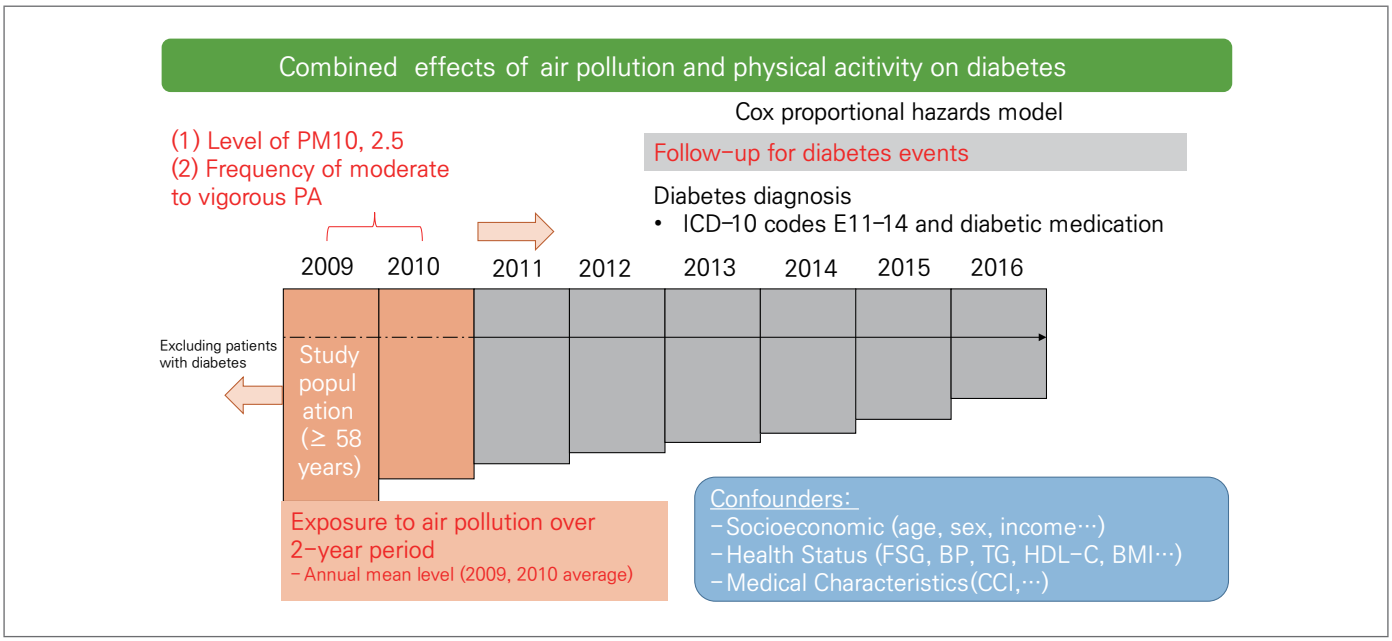


Figure 1. A schematic diagram of the study design of the effect of physical activity on diabetes incidence by exposure to particular matter (PM) among participants aged 58 years and over

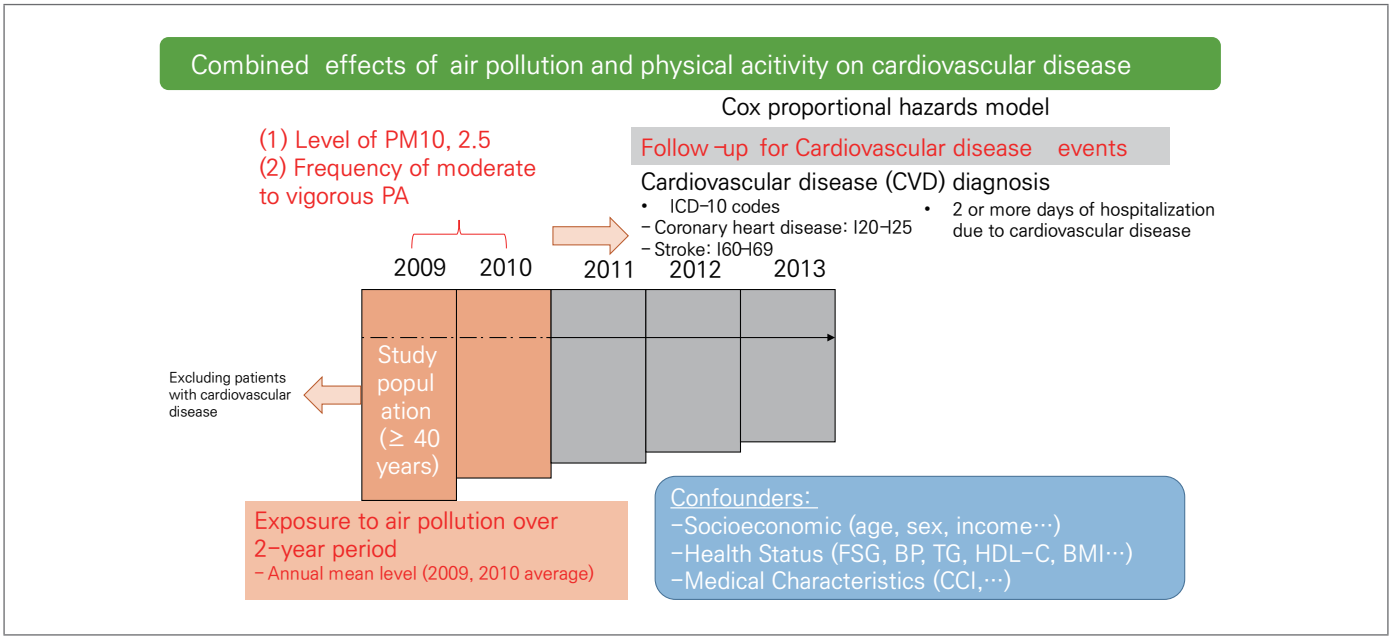


Figure 2. A schematic diagram of the study design of the effect of physical activity on the occurrence of cardiovascular disease by exposure to particular matter (PM) among participants aged 40 years and over

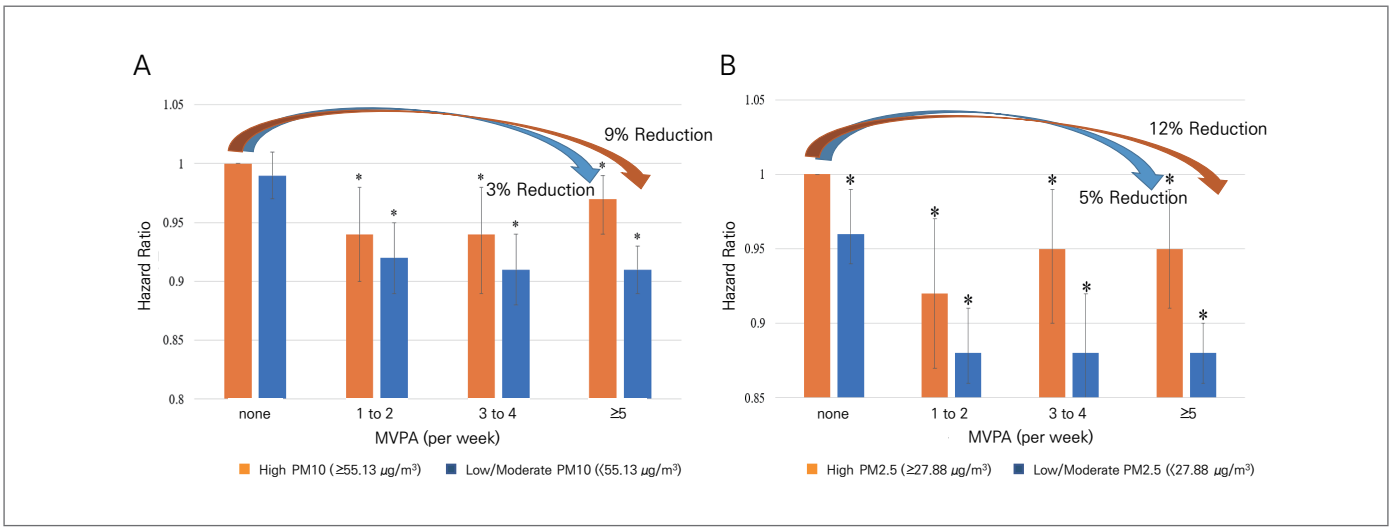


Figure 3. Combined effect of moderate to vigorous physical activity (MVPA) and (a) PM10 or PM2.5 on diabetes risk (*P 〈 0.05)

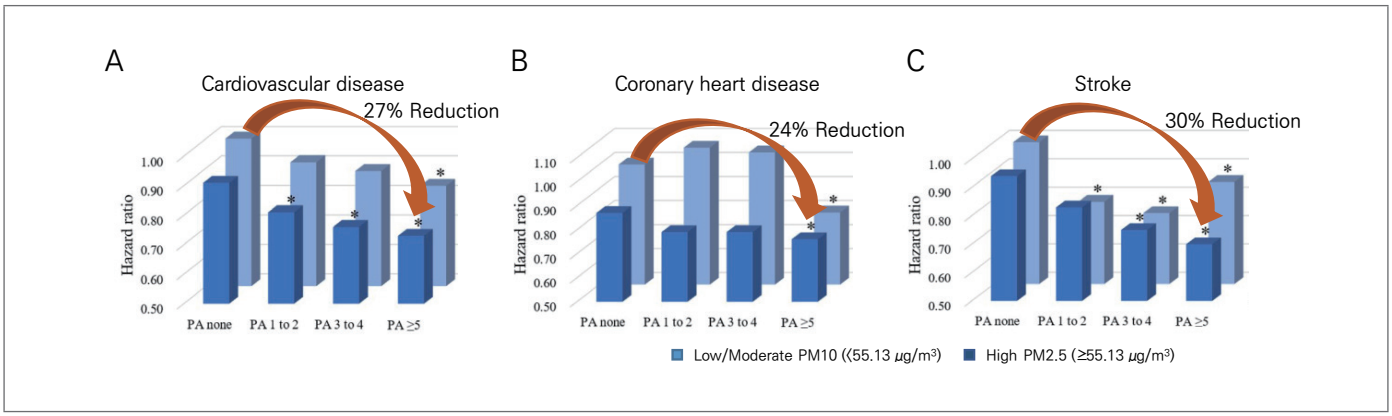


Figure 4. Risk of cardiovascular disease, coronary artery disease, and stroke combined effect of exposure to particular matter (PM10) and physical activity in participants aged 40 years and over (*P 〈 0.05)

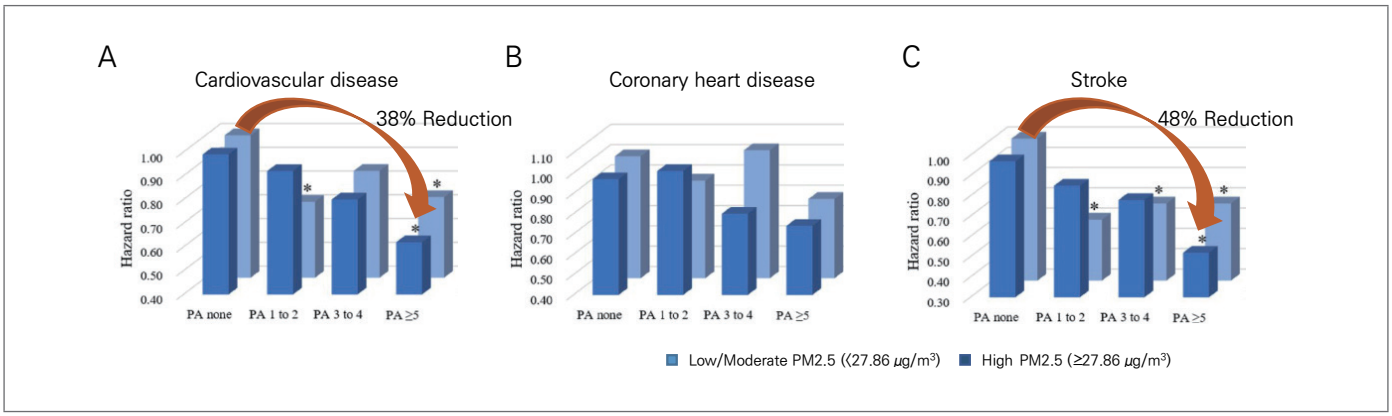


Figure 5. Risk of cardiovascular disease, coronary artery disease, and stroke combined effect of exposure to particular matter (PM2.5) and physical activity in participants aged 40 years and over (*P 〈 0.05)

This manuscript is a summary of the main findings based on published papers: Kim SR, Choi S, Keum N, Park SM. Combined Effects of Physical Activity and Air Pollution on Cardiovascular Disease: A Population-Based Study. J Am Heart Assoc. 2020;9(11):e013611 & Kim SR, Choi D, Choi S, et al. Association of combined effects of physical activity and air pollution with diabetes in older adults. Environ Int. 2020;145:106161.