

OZONE(4)

연세대학교 보건대학원 / 김 치 년

CAS 번호: 10028-15-6

분자식 : O₃

노출기준

- 중작업(Heavy work) 8시간 노출의 TLV-TWA는 0.05ppm(0.1mg/m³),
- 중등작업(Moderate work) 8시간 노출의 TLV-TWA는 0.08ppm(0.16mg/m³)
- 경작업(Light work) 8시간 노출의 TLV-TWA는 0.10ppm(0.2mg/m³)
- 중작업, 중등작업, 경작업(Heavy, moderate, or light workloads) 2시간 이하 노출의 TLV-TWA는 0.2ppm(0.39mg/m³)
- A4(인간의 발암성물질로 분류되지 않음)

역학 연구

몇몇 역학연구들이 오존의 만성 노출에 따른 건강 영향을 규명하기 위해 수행되었다. 입원 및 사망 등의 다수 역학 연구는 미국 EPA에 의해 검토되었다. 모든 연구는 오존 노출을 정량화하거나 다른 오염원에 대한 부수적 노출을 제어하는 해결책이 없어 고통 받았고 직업적으로 해석하는데도 어려움을 겪었다. Abbeye 등⁽⁴⁶⁾에 의해 보고된 역학연구는 작업환경 및 집안에서의 노출 및 발생

을 포함하는 가장 유익한 정보를 제공하였다. 본 연구에 있어 어려운 점은 대기 중 오존에 의한 건강영향의 가능성을 찾아내는 것이었다. EPA⁽³²⁾는 이 연구 결과에 대하여 “만약 0.12ppm이나 그 이하의 노출수준에서 발생 가능한 영향을 언급한 이 연구에서와 같이 COPD/AOD증상/질병혼합체의 발생이 오존에 대한 노출의 영향이 있었다면 이것은 적절하게 결론을 내릴 수 있다”고 언급하였다.

TLV 권고

인간의 오존 노출에 대한 폐 반응에 관한 개념을 제공하는 문헌 정보는 크게 고농도의 오존과 분당 호흡량의 효과 그리고 0.2ppm 이하의 오존 농도에서 현상이 점점 명백하게 나타나는 것이다. 그러나 60L/min 이상의 환기율 조건하에서는 최소한의 단기간 노출 동안 환기율과 호흡량은 점진적으로 적은 효과를 나타내었다^(36,39). 급성의 효과를 유발하는 오존 농도 이하의 노출 하에서는 만성적인 폐 손상을 보고한 연구는 없다. 천식 또는 COPD 증상을 보이는 사람들을 대상으로 한 연구들은 건강한 성인들보다 그들이 오존에 더 영향을 받지 않는다고 하였다. 이산화질소와 황산화물이 혼재된 오존 노출은 오존 단독의 노출 영향 보다 더 큰 양상을 보인다. 그럼에도 불구하고, 주변 산화된 대기 오염에 노출된 사람들과 일상 대기 농도 수준의 오존에 노출된 사람들을 비교한 노출 챔버 연구는 대기 오염으로 인해 발생된 급성 영향이 바로 오존 노출량에 기인한다고 하였다. 성인의 오존노출에 대한 가장 신뢰할만한 용량-반응 정보는 노출 챔버 연구결과의 방대한 데이터베이스로부터 Hazucha⁽²⁸⁾에 의해 정리되었고 EPA에 의해 다시 종합적으로 정리되었다. 이들 연구의 대부분은 노출 시간 2시간 또는 6.6시간, 노출농도 0.08~0.15ppm, 노동조건은 휴식부터 중노동까지 다양한 조건하에서 실시되었다. 2시간의 노출조건 하에 실시된 연구자료로부터

Hazucha는 분석을 통하여 중노동, 일반노동, 경노동에 대하여 0.2ppm 이상의 폐기능 감소 결과를 확인하였다. 이 농도 보다 높은 농도에서 경노동, 일반노동, 중노동의 영향은 구분될 수 있었다. 심한 중노동시, 0.12ppm을 초과하는 오존에 노출되면 폐기능이 현격하게 줄어든다. McDonnell 등⁽³¹⁾과 Horstman 등⁽³⁰⁾은 6.6시간동안 0.08ppm 농도의 오존에 노출시키는 연구를 수행하여, 일반노동을 수행하는 연구 피실험자의 폐활량(FEV1)이 각각 8.4%, 7.0%씩 감소하였음을 밝혔다. McDonnell과 Smith⁽⁴⁸⁾는 평균값의 두 가지 수학적 모델(하나는 단순하고, 다른 하나는 더 복잡한 모델)을 증명하기 위하여 2시간과 6.6시간동안 실시된 챔버 연구로부터 용량-반응 측정데이터를 이용하였다. 위 수학적 모델은 노출기간이 길고(8시간 미만), 농도가 높을 때(0.5ppm 이하), 최대 반응곡선에 도달하는 S형태를 이룬다. 단순화된 수학적 모델은 농도와 시간이 좁은 경우의 효과와 관련이 있는 반면에, 복용량과 총 흡입량을 합산하는 복잡한 모델은 오존 농도와 노출시간의 보다 넓은 범위에 유용한 것으로 추론하였다. 후자 모델은 일반 노동시 8시간동안 0.08ppm의 오존에 노출되는 동안 폐활량이 평균 8% 감소할 것으로 예측한다. 폐활량 8% 감소와 기도반응도의 증가로 나타나는 폐기능 감소는 피실험자에게 임상적으로 명백하게 나타나는 낮은 수준인 반면, McDonnell 등⁽³¹⁾, Horstman 등⁽³⁰⁾과

Folinsbee 등⁽²⁹⁾은 피실험자들의 폐기능 측정값의 평균이 광범위하게 변화한다는 점을 강조한다. 예를 들어, 폐활량 수치범위는 +7.9%~37.9%로 나타난다. 그러므로 개인

별 위험 측정치의 평균값을 사용하는 것은 피실험자 중 일부에게서 임상적으로 명확한 영향이 나타날 것이라는 경고와 함께 이루어져야 한다. 🤖

참 고 문 헌

29. Folinsbee, L.J.; McDonnell, W.F.; Horstman, D.H.: Pulmonary Function and Symptom Responses After 6.6-Hour Exposure to 0.12 ppm Ozone with Moderate Exercise. *J. Air Pollut. Control Assoc.* 38:28,35 (1988).
30. Horstman, D.H.; Folinsbee, L.J.; Ives, P.J.; et al.: Ozone Concentrations and Pulmonary Response Relationships for 6.6-Hour Exposures with Five Hours of Moderate Exercise to 0.08, 0.10, and 0.12 ppm. *Am. Rev. Respir. Dis.* 142:1158,1163 (1990).
31. McDonnell, W.F.; Kehrl, H.R.; Abdul-Salaam, S.; et al.: Respiratory Response of Humans Exposed to Low Levels of Ozone for 6.6 Hours. *Arch. Environ. Health* 46:145,150 (1991).
32. U.S. Environmental Protection Agency: Air Quality for Ozone and Related Photochemical Oxidants, Vol. III. U.S. EPA, Washington, DC (1993).
33. Avol, E.L.; Linn, W.S.; Venet, T.G.; Hackney, J.D.: Comparative Respiratory Effects of Ozone and Ambient Oxidant Pollution Exposure During Heavy Exercise. *J. Air Pollut. Control Assoc.* 34:804,809 (1984).
34. Avol, E.L.; Linn, W.S.; Venet, T.G.; et al.: Comparative Effects of Laboratory Generated Ozone and Ambient Oxidant Exposure in Continuously Exercising Subjects. In: Evaluation of the Scientific Basis for Ozone/Oxidants Standards, pp. 216,225. S.D. Lee, Ed. Proceedings of an APCA International Specialty Conference, November 1984, Houston, TX. APCA International Specialty Conference Transactions: TR-4. Air Pollution Control Association, Pittsburgh, PA (1985).

35. Hazucha, M.J.; Folinsbee, L.J.; Seal, E.; Bromberg, P.A.: Lung Function Response of Healthy Women after Sequential Exposures to Nitrogen Dioxide and Ozone. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 150(3):642.647(1994).
36. Spektor, D.M.; Lippmann, M.; Thurston, G.D.; et al.: Effects of Ambient Ozone on Respiratory Function in Healthy Adults Exercising Outdoors. *Am. Rev. Respir. Dis.* 138:821.828 (1988).
37. Lippmann, M.: Health Effects of Ozone: A Critical Review. *J. Air Pollut. Control Assoc.* 39:672.695 (1989).
38. Lioy, P.J.; Vollmuth, T.A.; Lippmann, M.: Persistence of Peak Flow Decrement in Children Following Ozone Exposure Exceeding the National Ambient Air Quality Standard. *J. Air Pollut. Control Assoc.* 35:1068 (1985).
39. Spektor, D.M.; Lippmann, M.; Lioy, P.J.; et al.: Effects of Ambient Ozone on Respiratory Function in Active Normal Children. *Am. Rev. Resp. Dis.* 137:313 (1988).
40. Raizenne, M.E.; Burnett, R.T.; Stern, B.; et al.: Acute Lung Function Responses to Ambient Acid Aerosol Exposures in Children. *Environ. Health Perspect.* 79:179 (1989).
41. Spektor, D.M.; Thurston, G.D.; Mao, J.; et al.: Effects of Single- and Multiday Ozone Exposures on Respiratory Function in Active Normal Children. *Environ. Res.* 55:107.122 (1991).
42. Folinsbee, L.J.; Horstman, D.H.; Kehrl, H.R.; et al.: Respiratory Responses to Repeated Prolonged Exposure to 0.12 ppm Ozone. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 149(1):98.105 (1994).
43. Linn, W.S.; Buckley, R.D.; Spier, C.E.; et al.: Health Effects of Ozone Exposure in Asthmatics. *Am. Rev. Respir. Dis.* 117:835.843 (1978).
44. Kehrl, H.R.; Hazucha, M.J.; Solic, J.J.; Bromberg, P.A.: Responses of Subjects with Chronic Obstructive Pulmonary Disease After Exposures to 0.3 ppm Ozone. *Am. Rev. Respir. Dis.* 131:719.724 (1985).
45. Foster, W.M.; Costa, D.L.; Langenback, E.G.: Ozone Exposure Alters Tracheobronchial Mucociliary Function in Humans. *J. Appl. Physiol.* 63:996.1002 (1987).