

OZONE(3)

연세대학교 보건대학원 / 김 치 년

CAS 번호: 10028-15-6

분자식 : O₃

노출기준

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

사람대상의 연구

사람들이 오존에 평균 1.5 ppm 농도로 2 시간동안 노출되는 경우 시간-폐활량의 20% 감소와 다른 영향들이 발견되었다⁽¹⁹⁾. Kleinfeld와 Gie⁽²⁰⁾는 비활성 가스를 사용하는 아크 용접 근로자들에게 폐 부담을 보고 하였으며 이때 최대 오존의 노출농도는 9ppm이었다. Challen과 그 동료들⁽²¹⁾은 비슷한 효과를 2 ppm 이하의 노출 용접공에서 관찰하였으며 오존농도가 0.2 ppm 정도로

감소될 때 앞에서 언급한 영향들은 나타나지 않았다.

추가적으로 오존에 대한 영향은 오존 농도가 대략적으로 0.1 ppm을 초과하는 경우 특정한 형태의 두통과 단기간의 노출에 따르면 코 및 눈의 인후 점막손상이 나타나는 것이다⁽²²⁾. 또한 산소헤모글로빈의 산소 분리에 방해로 주는 것이 특징화된 오존의 이차반응이다⁽²³⁾. McDonnell 등⁽²⁴⁾은 폐기능 측정을 이용하여 정상 상태 운동 수준에서 오존에 대한 용량-반응 실험을 실시하였다. 여섯 노

출군의 오존 농도는 각각 0, 0.12, 0.18, 0.30 그리고 0.40 ppm이었다. FVC와 FEV1의 주목할 만한 감소는 0.12 ppm에서 보였고 더 높은 오존 농도에서 계속하여 나타났다. 기침은 0.12 ppm 및 높은 농도에서 증가했다. 폐활량 측정에 의한 간헐적인 운동 프로토콜 중의 2시간 동안 0.1~0.15 ppm 범위의 오존 노출 시작은 70.2 L/min의 분-폐활량이 나타났고 Kulle 등⁽²⁵⁾에 의해 발견되었다. 0.3 ppm의 오존농도에서 Adams 등⁽²⁶⁾과 Folinsbee 등⁽²⁷⁾이 연구를 수행했다. 그 결과 오존농도의 영향이 낮은 환기율 또는 노출기간이 증가한 영향보다 폐기능 감소에서 더 효과적이었다.

Hazucha⁽²⁸⁾는 오존 노출기간에 대한 지난 20년간의 연구 결과들로부터 오존 노출, 운동량, 노출기간과 폐기능 변화와 관련된 인간 데이터를 수집하였다. 수집된 연구들은 2시간동안의 간헐적인 운동 프로토콜이었던 것이었다. 분-폐활량(VE)에 의해 측정된 작업강도에 대한 연구에서는 경작업(VE ≤ 23 L/min), 중간작업(VE = 24.43 L/min), 중작업(VE = 44.63 L/min), 그리고 강작업(VE ≥ 64 L/min)으로 분류하였다. 각각의 폐기능 가변성과 운동 수준에 대하여, 연구자들은 2차 방정식의 역행 절차를 사용하여 얻어진 자료가 적합하다는 것을 발견하였다. 2시간 동안의 작업시간을 기준으로 노출반응은 경작업, 중등작업에서는 오존농도가 0.2 ppm을 초과할 때까지 현저한 폐기능 변

화는 없다고 보고하였다. 강작업의 경우는 0.18 ppm을 초과할 때까지 현저한 폐기능 변화는 없었다. 더 긴 기간 동안의 급성 노출 연구는 Folinsbee 등⁽²⁹⁾과 Horstman 등⁽³⁰⁾에 의해 실시되었는데, 그들은 0.12 ppm, 0.08 ppm, 0.10 ppm, 0.20 ppm에 6.6시간동안 성인 지원자들을 대상으로 챔버 노출 연구로 수행하였다⁽³⁰⁾. 중등 강도는 아침과 오후에 1시간에 50분씩 3시간 동안 실행되었다. Folinsbee 등⁽²⁹⁾은 폐기능 감소는 0.12 ppm에서 각 시간의 노출 후에 더 현저해진다는 것을 발견하였다. 유사한 노출-작업시간 연구는 Horstman 등⁽³⁰⁾과 McDonnell 등⁽³¹⁾에 의해 수행되었다. 두 연구 모두 폐활량 측정내의 주목할 만한 변화와 기도 반응성, 명확한 기도 저항 및 호흡 증후의 현저한 증가를 발견하였다. 0.08 ppm 및 0.1 ppm의 노출 농도에서 Horstman 등⁽³⁰⁾은 FEV1 감소는 7%, 그리고 8%와 상관성이 있다고 보고하였다. McDonnell 등⁽³¹⁾은 8.4%과 11.4%의 0.08, 그리고 0.1 ppm의 노출에 발견된 FEV1의 감소, 또한 그들은 3가지 매개변수에 대해서 적당한 농도의 노출자료를 얻어냈다. 기호 논리학 모형은 선형 모형과 비교시 주목할 만한 차이의 감소가 있음을 입증하였다.

실내 오존에 노출된 사람을 대상으로 실시한 연구는 현재 대기 오염을 유발하는 다른 산화제가 영향을 미치는 조건하에서 오존에 대한 영향을 예측하였고, 일련의 비교 연구

들을 촉발시켰다^(33,34). 운동하는 성인과 어린 천식환자는 유동성의 공기, 걸러진 공기와 동등한 오존이 측정된 총계를 대기 안에 포함한 노출 방안에 노출시켰다. 🌪️

참 고 문 헌

19. Griswold, S.; Chambers, L.A.; Motley, H.L.: Report of a Case of Exposure to High Ozone Concentrations for Two Hours. *Arch. Ind. Health* 15:108.110 (1957).
20. Kleinfeld, M.; Giel, C.P.: Clinical Manifestations of Ozone Poisoning: Report of a New Source of Exposure. *Am. J. Med. Sci.* 231:638.643 (1956).
21. Challen, P.J.R.; Hickish, D.E.; Bedford, J.: An Investigation of Some Health Hazards in an Inert-Gas Tungsten-Arc Welding Shop. *Br. J. Ind. Med.* 15:276.282 (1958).
22. Wilska, S.: Ozone. Its Physiological Effects and Analytical Determination in Laboratory Air. *Acta Chem. Scand.* 5:359 (1951).
23. Brinkman, R.; Lamberts, H.B.: Ozone as a Possible Radiomimetic Gas. *Nature* 181:1202.1203 (1958).
24. McDonnell, W.F.; Horstman, D.H.; Hazucha, M.J.; et al.: Pulmonary Effects of Ozone Exposure During Exercise: Dose-Response Characteristics. *J. Appl. Physiol.* 54:1345.1352 (1983).
25. Kulle, T.J.; Sauder, L.R.; Hebel, J.R.; Chatham, M.D.: Ozone Response Relationships in Healthy Nonsmokers. *Am. Rev. Respir. Dis.* 132:36.41 (1985).
26. Adams, W.C.; Savin, W.M.; Christo, A.E.: Detection of Ozone Toxicity During Continuous Exercise Via the Effective Dose Concept. *J. Appl. Physiol.* 51:415.422 (1981).
27. Folinsbee, L.J.; Drinkwater, B.L.; Bedi, J.F.; Horvach, S.M.: *Environmental Stress: Individual Human Adaptations*, pp. 125.145. Academic Press, New York (1978).

28. Hazucha, M.J.: Relationship Between Ozone Exposure and Pulmonary Function Changes. *J. Appl. Physiol.* 62:1671.1680 (1987).
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).