

Fluoropolymer Fume 흡입으로 인한 급성 호흡곤란 증후군 1예

계명대학교 의과대학 동산의료원 응급의학교실

진상찬 · 최우익

A Case Report of Acute Respiratory Distress Syndrome from the Inhalation of Fluoropolymer Fumes

Sang-Chan Jin, M.D., Woo-Ik Choi, M.D.

Fluoropolymer compounds (polytetrafluoroethylene-PTFE, Teflon®) can produce a clinical syndrome, polymer fume fever, when the products from their thermal decomposition are inhaled. Polymer fume fever is characterized by fever, dyspnea, a non-productive cough, and headaches after exposure to the pyrolytic products. We report a case of acute respiratory distress syndrome after the inhalation of fumes produced from overheated fluoropolymer compounds. A 60-year-old male came to the emergency department complaining of severe dyspnea, nausea, coughing. Just one day ago, he worked in a fluoropolymer-processing factory without any protective mask device. Initial arterial blood gas analysis showed a composition of pH 7.4, arterial partial oxygen pressure 46.0 mmHg and oxygen saturation 79% of room air. Chest computerized tomography revealed a bilateral diffuse consolidation and ground glass appearance. Polymer fume fever and acute respiratory distress syndrome was suspected by the symptoms, history of exposure, and radiologic findings. The patient received ventilatory support with a mechanical ventilator, intravenous corticosteroids, and intravenous N-acetylcysteine. His symptoms and oxygen saturation completely resolved over 6 days. In summary, when fluoropolymers compounds are heated the fumes generated can cause polymer fume fever with

severe toxic effects, such as acute respiratory distress syndrome, pulmonary edema, and pneumonitis. The clinical presentation, radiologic findings, and the management of polymer fume fever are reviewed here.

Key Words: Polytetrafluoroethylene, Acute respiratory distress syndrome, Polymers

Department of Emergency Medicine, School of Medicine, Keimyung University, Dongsan Medical Center, Daegu, Korea

서 론

중합체 증기열(polymer fume fever)은 Teflon(polytetrafluoroethylene, PTFE)과 같은 불소 중합체의 열분해에 의해서 생성되는 독성 가스를 흡입한 후 수 시간 이후에 발생하는 발한, 열, 호흡곤란, 마른 기침, 두통, 몸살 등의 여러 증상을 나타낸다¹⁾.

불소 수지 그 중에서도 Teflon은 일반 주방 용기에서부터 기계, 반도체, 자동차 등 많은 산업 분야에 흔히 사용되고 있는 실정이며, Teflon 수지의 과도한 열분해로 생성될 수 있는 carbonyl fluoride, fluorinated acids, perfluorinated alkanes와 같은 독성 가스로 인한 중합체 증기열은 대개의 경우 빠른 회복을 보이며 특별한 후유증을 남기지 않는다고 보고되고 있다²⁾.

그러나 불소 중합체의 열분해산물로 생성되는 여러 독성 가스를 흡입한 후에는 중합체 증기열과 같이 가벼운 증상을 보이기도 하나 중증의 폐손상 및 폐부종과 같은 심각한 호흡기장애까지도 발생할 수 있는 것으로 알려져 있으며, Teflon의 많은 쓰임에도 불구하고 아직까지 우리나라에서 불소 수지로 인해서 발생하는 중합체 증기열, 중증의 폐손상 및 폐부종에 관한 임상 연구 및 보고는 부족한 실정이다¹⁻⁴⁾.

이에 저자들은 불소 수지 가공공장에서 불소 수지 처리 기계의 과열로 발생한 독성 가스를 흡입한 후 발생한 급성 호흡곤란 증후군 1예를 경험하였기에 임상 경과 및 치료에 대해서 문헌고찰과 함께 보고하고자 한다.

책임저자: 최 우 익

대구광역시 중구 달성로 56

계명대학교 동산의료원 응급의학교실

Tel: 053) 250-7609, Fax: 053) 250-7028

E-mail: emtaegu@dsmc.or.kr

접수일: 2013년 4월 2일, 1차 교정일: 2013년 4월 15일

게재승인일: 2013년 5월 2일

종 례

60세 남자 환자가 내원 1일 전부터 시작된 호흡곤란을 주소로 계명대학교 동산의료원 응급실로 내원하였다. 내원 당시 의식은 명료한 상태로 기침, 가래, 빠른 호흡이 있었으며 흉통, 열감 등은 없었다. 환자는 내원 20시간 전 300평 가량의 불소 수지 공장 1층에서 구조물 보강 작업을 위해서 20분간 앉은 자세로 마스크를 착용하지 않고 작업한 후 구역, 어지러움 등의 증상을 보여 작업을 중단하였고, 그 후 기침 및 점점 심해지는 호흡곤란의 증상을 보였다. 고혈압의 과거력이 있는 분으로 3년 6개월 전에 관상동맥 우회로이식술을 받았으며, 3년 5개월 전에 폐혈관 색전증으로 진단받고 치료받은 병력이 있었다. 내원 당시 활력 징후는 혈압 112/79 mmHg, 맥박 분당 91회, 호흡 분당 24회, 체온은 35.9°C였으며, 맥박산소포화측정기에서 산소포화도는 82%였다. 이학적 검사에서는 폐 청진에서 양측 폐야 전체에 수포음이 들렸으며, 단순 흉부 방사선 사진에서 양측 폐에 전반적인 음영증가 소견을 보였고(Fig. 1), 심전도 검사에서는 동성 빈맥 외에 특이 소견은 보이지 않았다. 내원하여 실시한 말초혈액검사에서 백혈구

15,620/mm³(호중구 90.4%), 혈색소 16.7 g/dL, 적혈구 용적률 51.9%, 혈소판 263,000/mm³ 이었고, 혈청생화학 검사에서는 혈액요소질소 18 mg/dL, 크레아티닌 1.1 mg/dL, 알부민 3.7 g/dL, aspartate aminotransferase 23 IU/L, alanine aminotransferase 19 IU/L, alkaline phosphatase 146 IU/L, 총빌리루빈 1.4 mg/dL, 아밀라제 115 IU/L, 리파제 16 IU/L였으며, 혈청전해질검사 및 심근 효소 검사 결과는 정상 범위 이내였다. 동맥혈 가스 검사에서는 room air에서 pH 7.4, 이산화탄소분압 32.7 mmHg, 산소분압 46.0 mmHg, 중탄산염 20.0 mmol/L, 산소포화도 79%였다.

환자의 병력, 동맥혈 가스 검사 및 흉부 방사선 검사 결과 급성호흡곤란증후군이 의심되어, 응급실에서 실시한 흉부 전산화단층촬영에서 폐혈관의 특이 소견 없이 양측 폐야에 전반적인 경화와 간유리음영과 함께 폐부종이 관찰되었다(Fig. 2). 환자가 작업하였던 불소 수지 공장 관계자와 통화한 후 작업 공간 바로 위에 있던 2층에서 과열된 Teflon 가 공기계에서 발생한 독성 가스에 의한 중독으로 판단하여, 응급실에서 분당 8 L의 산소마스크를 통한 지속적인 산소투여와 함께 piperacillin/tazobactam 4.5 g 정맥 주사의 경험적 항생제 치료, hydrocortisone 시간당 5 mg 정맥 주사,

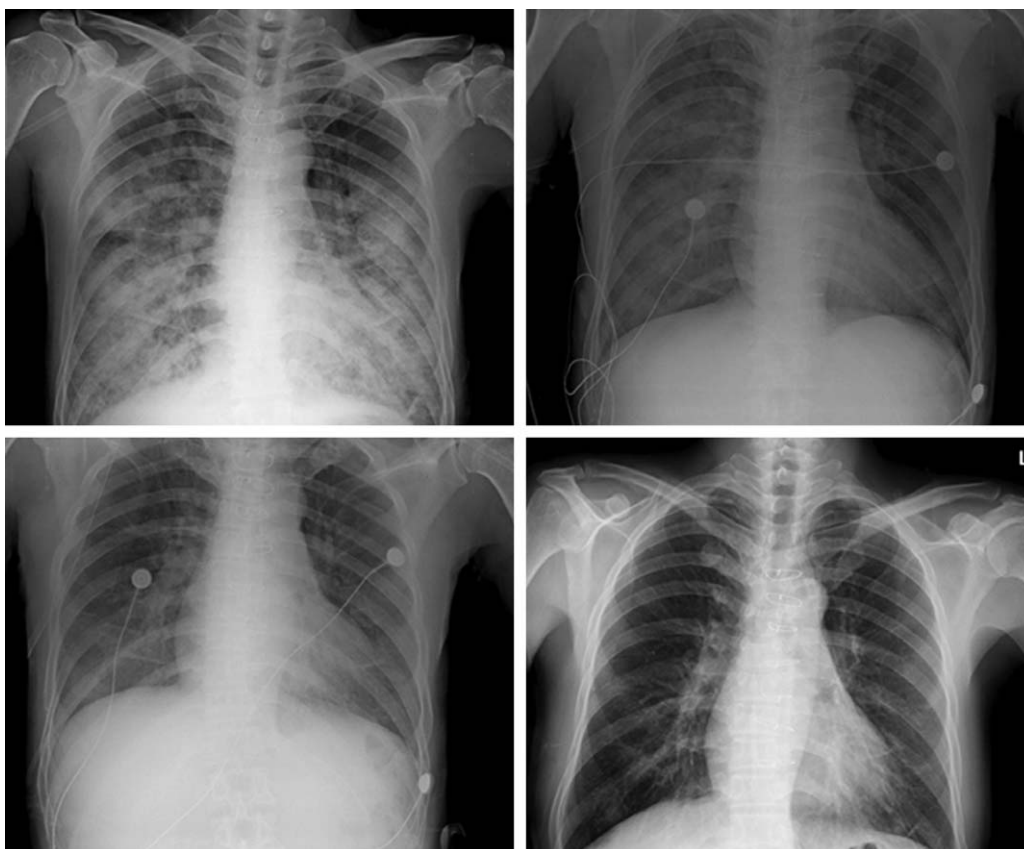


Fig. 1. Chest Radiograph during hospital stay. Chest radiograph showed diffuse patch infiltration in both lung field on admission day (left upper). After 3 days (right upper), the infiltration of left lung was diminished, and there was marked improvement of both lung lesion on 6 days (left lower) and 9 days (right lower) from initial treatment.

1회의 furosemide 20 mg 정맥 주사를 투여하고 본원 호흡기내과 중환자실로 입원하였다. 입원 직후 혼란된 의식상태와 지속적인 호흡곤란을 보여 기관내삽관 후 인공호흡기 치료를 시행하였으며 당시 흡입산소분압 0.7에서 산소분압 97 mmHg로 산소지수는 138, 산소포화도는 97%로 나타났다. 또한 항생제 및 스테로이드와 함께 N-acetylcysteine 600 mg를 하루 3차례 투여하였다. 입원 3일째부터 의식이 간간히 명료해지고 흉부 방사선 사진에서 좌측 폐야의 음영이 감소되면서 흡입산소분압을 줄어나갔으며, 입원 6일째 흉부 방사선 사진에서 양측 폐야의 음영이 더욱 감소하여 기관내삽관튜브를 제거하고 코산소주입관을 통한 산소 투여를 시행하였다. 입원 9일째 실시한 폐기능 검사에서 약간 저하된 폐확산능 외에 특이 소견 보이지 않아 입원 11일째 퇴원하였다. 그 후 본원 외래를 통해 6개월간 추적 관찰 중이며 특별한 합병증은 관찰되지 않은 상태이다.

고 찰

대표적인 불화탄소 복합체의 하나인 Teflon은 녹는점이 327°C로 고온에서 매우 안정한 상태로 존재하나 200~300°C에서 열분해산물이 발생될 수 있으며, 400°C 이상에서는 열분해가 가속화된다⁴⁾. 그 열분해산물에는 carbonyl fluoride, fluorinated acids, perfluorinated alkanes과 같은 것들이 있는데 이러한 독성 가스들을 흡입하게 되었을 때 중합체 증기열이 발생하며, 1951년 Harris에 의해 처음으로 기술되었다⁵⁾.

중합체 증기열의 증상은 비특이적이거나 80%의 환자에서 흉부 압박감, 호흡곤란, 발한, 근육통 등의 증상이 발생할 수 있으며 마른 기침 또한 흔히 관찰할 수 있다. 그리고 두통, 인후통, 구역 등의 증상이 생길 수 있는 것으로 알려져 있으며, 그 증상이 급성 바이러스 감염이나 독감과 비슷하여 쉽게 오인될 수 있어 불소 중합체 등의 노출 병력 혹은 직업력에 대해서 철저하게 병력 청취를 해야 하는 것으로 알려져

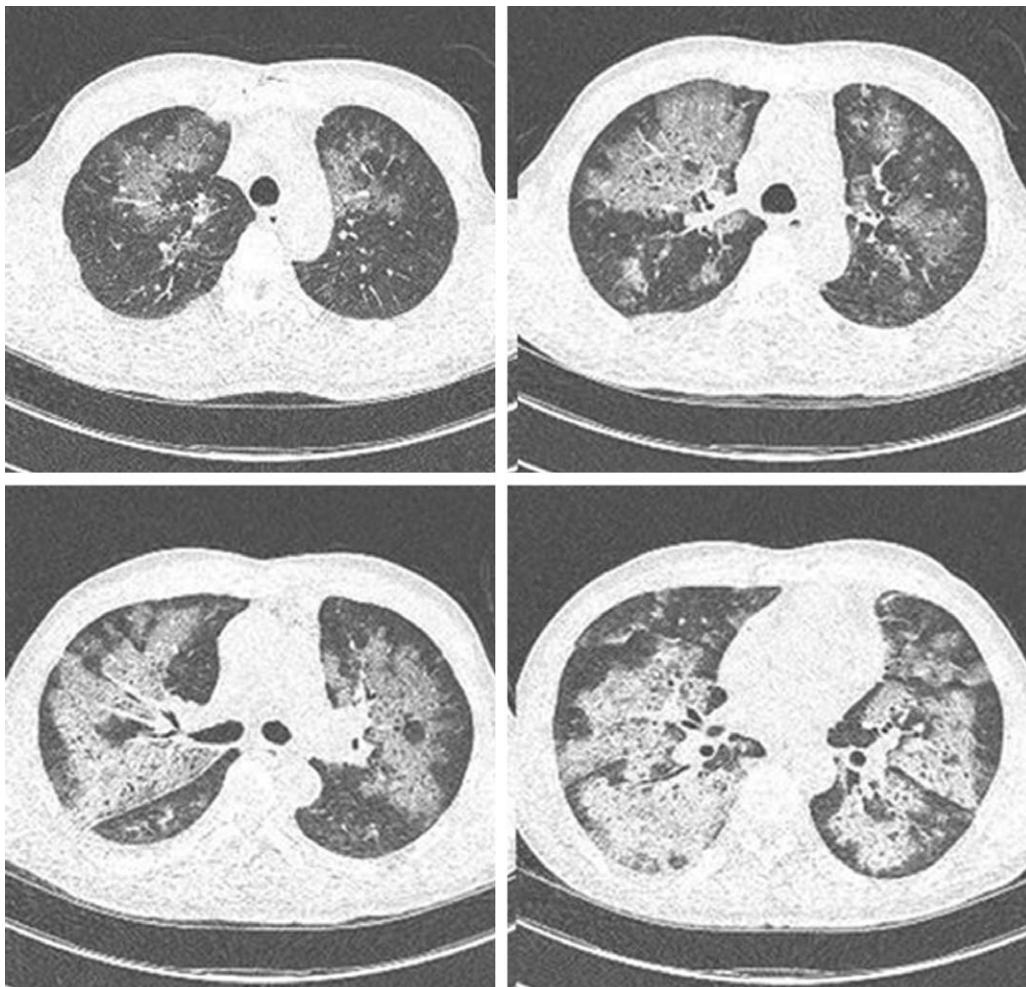


Fig. 2. Chest computerized tomography on admission day. Chest computerized tomography showed diffuse consolidation and ground glass opacity in both lung field.

있다^{1,2)}. 그리고 노출이 심하게 이루어진 경우에는 급성 폐손상 및 폐부종 등이 발생할 수 있는 것으로 알려져 있다.

일반적으로 gas, vapor, fume, aerosol과 같은 자극제가 호흡기계로 폐손상을 일으키는 위치나 증상 발현의 시기는 자극제의 용해도나 입자의 물리적인 특성이 중요한 영향을 미치는데, 용해도가 높은 물질은 점막이나 상기도에 빠른 자극을 일으킬 수 있으며 용해도가 낮은 물질은 노출된 후 늦게 증상이 발현될 수 있으며 하기도에 도달하여 미만성 폐포 손상, 폐부종 등을 일으킬 수 있다. 그 외에도 흡입한 자극제의 양이나 시간, 농도, pH나 화학반응성과 함께 환자의 상태 등이 영향을 미칠 수 있다⁶⁾.

중합체 증기열은 섬유나 전기 공장 등에서 작업하던 노동자들의 흡연과 관련되어 용해성 Teflon이 묻은 담배를 태우면서 발생한 가스를 흡입하여 발병한 보고가 많다^{1,7)}. 흡연 시 담배 연소부위의 온도는 약 875°C에 달하여 담배에 묻은 불소 중합체에서 발생한 가스 입자를 흡입할 경우 중합체 증기열이 발생할 수 있다¹⁾. 또한, 불소 중합체로 코팅된 non-stick frying pans의 과열, 불소 성분이 포함된 가죽 세척을 위한 스프레이 사용이나 헤어스프레이를 통한 중독 사례가 보고되고 있다^{2,8,9)}. 그리고 우리나라에서는 tetra-fluoroethylene의 직접 흡입에 의한 급성 폐손상에 대한 보고가 있었으며, 또한 Teflon이 묻은 담배를 5분간 태운 후 발생한 화학성 폐렴에 대한 보고가 있었다^{10,11)}.

중합체 증기열로 인해 여러 증상 및 폐손상이 발생하는 기전은 아직까지 명확하게 알려진 바가 없으나 백혈구의 탈과립과 함께 분비되는 내인성 발열인자에 의해서 발열이 발생할 수 있으며 또한 혈관 내피 세포의 손상 및 폐포 내의 염증반응으로 인해서 분비되는 interleukin-1, tumor necrosis factor 등과 같은 cytokines에 의해서 감기와 유사한 증상이 발생하는 것으로 생각된다¹⁾. 또한 대부분의 가스 입자는 용해도가 낮으며 그 직경이 1 μm 미만으로 쉽게 상기도를 통과하여 하기도에 도달함으로써 쉽게 pneumonitis 등을 일으킬 수 있으며, 산, 염기 또는 자유기의 형성 및 축적을 통해서 상피 및 혈관 내피 세포에 손상을 일으켜 비특이적인 미만성 폐포 손상을 유발할 수 있다^{2,6)}. 그리고 혈관 내피 세포의 손상으로 모세혈관 투과도의 변화로 인해 폐부종도 생길 수 있다. 이번 증례에서 발생한 전산화단층촬영에서의 다발성의 경화 및 간유리 음영도 이와 같은 기전으로 발생하여 하기도에 주로 그 병변이 분포한 것으로 판단된다.

또한 열분해산물로 생성되는 가스에는 여러 가지가 있을 수 있으나 그 중 하나인 Perfluoroisobutene (PFIB)의 경우 그 독성이 강해, 가스를 흡입할 경우 폐손상을 일으킬 수 있으며 심각한 경우에는 폐울혈로 인해 사망할 수 있어 매우 위험한 물질로 알려져 있으며, 세계 제 1차 대전에 사용된 대표적인 질식성 독가스인 phosgene에 비하여 10배 이상의 독성을 갖고 있는 것으로 보고되고 있다^{12,13)}. Meng

등¹²⁾은 동물 실험을 통해서 PFIB는 강한 친전자성을 띄어 쉽게 blood-air barrier의 세포 구조를 손상시키고 폐포 내 염증세포 침윤과 벽비후를 일으키며, 노출된 후 8시간이 지나면 폐포 구조의 변화로 인한 투과도 증가로 인해 폐부종이 발생하며 24시간에 폐부종이 가장 심하게 발생한다고 하였다.

중합체 증기열의 진단은 비특이적 증상과 더불어 발열, 빈호흡, 빈맥, 저산소증 등의 징후를 보이는 환자에서 가열된 불소 중합체 혹은 불화 탄소물에 노출된 병력을 바탕으로 하여 진단한다. 혈청과 소변의 불소 농도를 측정해 볼 수 있으나 초기 치료에 도움이 되지 않아 추천되지 않는다. 혈액 검사에서 백혈구 증가, 적혈구 침강 속도 증가 등을 관찰할 수 있다²⁾.

또한 많은 증례에서 보이는 불소 중합체에 의한 화학성 폐렴 및 폐부종은 방사선적 소견에서 비슷한 양상을 보인다¹⁻⁴⁾. 흉부 방사선 단순촬영에서 양측 전 폐야에 걸쳐서 미만성 침윤이 나타나며 흉부 전산화단층촬영에서는 미만성의 간유리 음영 및 경화 소견을 관찰할 수 있으며, 이번 증례에서 보이는 소견과 유사하였다^{10,11)}.

이 증후군은 노출된 양이 적고 시간이 길지 않다면 대개의 경우 자연 회복되며, 큰 후유증을 남기지 않아 대개 24~48시간 내에 대부분의 증상은 사라진다. 그러나 증상이 48시간이 지나서도 사라지지 않는다면 중증의 중독일 수 있으며, 특히 치명적인 폐부종 및 폐손상이 일어날 경우 치료 기간은 더욱 길어질 수 있다³⁾. 대개는 환자의 임상 증상에 따른 산소 투여 등의 보존적인 치료로 치료 가능하나 급성 폐손상으로 인한 호흡부전 등이 발생하게 되면 적절한 보조 호흡이 필요할 수 있으며, 전신 부신피질호르몬 투여가 도움이 된다^{9,10)}. 또한 van Helden 등¹⁴⁾은 동물 실험을 통해서 PFIB로 인한 폐부종에서 natural surfactant 제재인 Curosurf의 투여가 폐부종을 호전시키는데 도움이 되며, N-acetylcysteine 조기 투여가 염증 반응을 줄여주는 데 효과적이라고 보고하였다. 이번 증례에서 발생한 급성 폐손상 및 폐부종의 치료에서는 지속적인 산소투여 및 호흡 보조, 전신 부신피질호르몬 투여, N-acetylcysteine 투여가 이루어졌으며, 환자는 특별한 합병증 없이 증상 및 방사선 소견의 빠른 호전을 보였다.

불소 수지가 주방 용기에서와 같이 일상 생활에서 뿐만 아니라 많은 산업 분야에서 쓰이고 있는 만큼 이로 인해 불소 수지의 직접적 가열 뿐만 아니라 스프레이 제제의 흡입, 불소 수지가 코팅된 프라이팬의 과열 등의 여러 가지 경로로 중합체 증기열이 발생할 수 있다는 점을 주지하고 있어야 하며, 또한 이를 통해서 흉부 방사선 단순 촬영 및 전산화단층촬영에서 화학성 폐렴의 소견을 보일 때 원인이 되는 물질에 대한 빠른 감별이 가능할 것이다.

불소 수지가 여러 산업 분야에서 널리 쓰이고 있는 반면에, 이번 증례와 같은 불소 수지의 과열로 인해 발생한 가스

를 흡입함으로써 발생한 중합체 증기열, 폐손상 및 폐부종에 대한 보고는 많지 않으며, 특히 사람에서 흡입된 가스로 인해 발생하는 장기적인 합병증 및 발병기전에 대해서는 아직까지 정확하게 밝혀진 바가 없는 실정이다. 앞으로 이러한 중합체 증기열에 대한 연구 및 보고가 많이 이루어져야 할 것으로 생각되며, 또한 불소 수지를 다루는 공장에서는 이러한 손상 발생에 대한 경각심을 높이고 작업 환경 개선 및 철저한 안전 교육이 이루어져야 될 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Silver MJ, Young DK. Acute noncardiogenic pulmonary edema due to polymer fume fever. *Cleve Clin J Med* 1993; 60:479-82.
2. Delgado JH, Waksman JC. Polymer fume fever-like syndrome due to hairspray inhalation. *Vet Hum Toxicol* 2004;46:266-7.
3. Evans EA. Pulmonary edema after inhalation of fumes from polytetrafluoroethylene (PTFE). *J Occup Med* 1973; 15:599-601.
4. Robbins JJ, Ware RL. Pulmonary edema from TEFLON fumes; report of a case. *N Engl J Med* 1964;271:360-1.
5. Harris DK. Polymer-fume fever. *Lancet*. 1951;2:1008-11.
6. Mason RJ, Broaddus VC, Martin TR, King TE, Schraufnagel DE, Murray JF, et al. *Murray and Nadel's Textbook of Respiratory Medicine* 5th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2010. p.1619-35.
7. Wegman DH, Peters JM. Polymer fume fever and cigarette smoking. *Ann Intern Med* 1974;81:55-7.
8. Toyama K, Kimura K, Miyashita M, Yanagisawa R, Nakata K. Case of lung edema occurring as a result of inhalation of fumes from a Teflon-coated flying pan overheated for 4 hours. *Nihon Kokyuki Gakkai Zasshi* 2006; 44:727-31.
9. Wallace GM, Brown PH. Horse rug lung: toxic pneumonitis due to fluorocarbon inhalation. *Occup Environ Med* 2005;62:414-6.
10. Lee SO, Choi EJ, Kim KY, Kim JC, Park JC, Jung CY, et al. A case of acute lung injury caused by tetrafluoroethylene inhalation. *Tuberc Respir Dis* 2007;62:223-6.
11. Lee JY, Kim MJ, Yoo JY, Ahn BK, Hwang HG, Lim GI, et al. A case of chemical pneumonitis induced by teflon inhalation. *Korean J Med* 2011;80:194-8.
12. Meng G, Zhao J, Wang HM, Ding RG, Zhang XC, Huang CQ, et al. Cell injuries of the blood-air barrier in acute lung injury caused by perfluoroisobutylene exposure. *J Occup Health* 2010;52:48-57.
13. Arroyo CM. The chemistry of perfluoroisobutylene (PFIB) with nitron and nitroso spin traps: an EPR/Spin trapping study. *Chem Biol Interact* 1997;105:119-29.
14. van Helden HP, van de Meent D, Oostdijk JP, Joosen MJ, van Esch JH, Hammer AH, et al. Protection of rats against perfluoroisobutene (PFIB)-induced pulmonary edema by curosulf and N-acetylcysteine. *Inhal Toxicol* 2004;16: 549-64.