DOI: 10.4046/trd.2009.67.3.249
ISSN: 1738-3536(Print)/2005-6184(Online)
Tuberc Respir Dis 2009;67:249-253
Copyright©2009. The Korean Academy of Tuberculosis and Respiratory Diseases. All rights reserved.

Case Report

태안 Hebei Spirit 유출 유류 제거작업 후 발생한 호흡부전 1예

가천의과학대학교 길병원 내과학교실

경선영, 전수연, 김유진, 이상표, 박정웅, 정성환

A Case of Respiratory Failure after Clean-up Work of the Hebei Spirit Crude Oil Spill in Taean

Sun Young Kyung, M.D., Su Yeon Chon, M.D., Yu Jin Kim, M.D., Sang Pyo Lee, M.D., Jeong-Woong Park, M.D., Sung Hwan Jeong, M.D.

Department of Internal Medicine, Gil Medical Center, Gachon University of Medicine and Science, Incheon, Korea

On 7 December 2007, the Hebei Spirit ran aground near Taean and released approximately 10,900 tons of oil into the sea. Crude oil on the coastal areas and fumes in the air increased the number of health problems among the local population. We report a case of respiratory failure after the oil spill clean-up work. A 66-year-old female was admitted to hospital with cough, sputum, and dyspnea of 1-month duration after the oil spill clean-up. She was diagnosed with community-acquired pneumonia and treated with empirical antibiotics. However, she had progressive respiratory failure without identification of the pathogen. Respiratory failure due to chronic inhalation of hydrocarbons from the crude oil spill clean-up was suspected. After mechanical ventilation care, she recovered from respiratory failure and was discharged. We report a case of severe respiratory toxic effects after an oil spill clean-up. We concluded that long-term hydrocarbon inhalation during the oil spill clean-up may have induced respiratory failure in this case.

Key Words: Petroleum, Hydrocarbons, Respiratory insufficiency

서 론

2007년 12월 7일 충남 태안군 만리포 북서쪽 10 km 해상에서 표류하던 예인선과 인근 해역에 있던 유조선 허베이 스피릿(Hebei Spirit)호가 충돌하여 약 10,900톤(12,547 kL)의 원유가 태안 앞바다로 유출되었다. 이것은 국내에서 발생한 최대 규모의 유류 유출사고로 태안을 포함하여 충청남도 및 전라남북도 연안 총 1,052 km의 해안을 오염시켰다[1]. 가장 피해가 컸던 태안 지역 주민들은 사고 하루 뒤인 12월 8일부터 유출된 유류 제거작업을 시작하였고, 사고 이틀 뒤부터 자원봉사자들이 유류 제거작업에 같이 참여하였으며, 2008년 7월까지 유류 제거작업에 참여한 총 누적인원은 약 2,122,000명이었다[1].

원유는 탄화수소류(hydrocarbons)를 비롯한 많은 화학물질의 복합체로 유출 시에 벤젠, 톨루엔 및 자일렌 등을 포함하는 휘발성 유기화합물(volatile organic components)이 사람의 점막을 자극하여 눈, 피부 및 호흡기에 자극 증상을 일으킬 수 있으며, 여러 유해 화학물질에 의한 신경 독성이 나타날 수 있다[2]. 또한 만성적으로 호흡기 질환, 내분비 및 유전 독성을 일으킬 수 있다[3]. 유류 유출에 의한 건강영향 평가는 대부분 단면적 연구로 급성 증상에 대한 평가가 많으며, 2002년 스페인 해역에서 발생한 프레스티지(Prestige)호 유류 유출 사고 시에 장기간에 걸친 추적 관찰 후 만성적인 호흡기 영향이 보고되었다[4]. 본 허베이 스피릿호 유류 유출 사고 시에 시행된 급성 건강영향 조사 결과를 보면, 유류 제거작업에 참가한 사람들이 두통, 오심 및 구토, 피로감을 비롯하여 호흡곤란, 천명을

Address for correspondence: **Jeong Woong Park, M.D.**
Department of Internal Medicine, Gil Medical Center, Gachon University of Medicine and Science, 1198 Guwol-dong, Namdong-gu, Incheon 405-760, Korea
Phone: 82-32-460-3204, Fax: 82-32-469-4320
E-mail: jwpark@gilhospital.com
Received: Jun. 3, 2009
Accepted: Jul. 17, 2009

호소하였다[1,5]. 이러한 증상은 방제작업 참여 기간이 길수록, 피부 기름 노출이 심할수록, 자원 봉사자 보다는 태안 지역에 거주하는 주민에서 더 심했고, 필터 마스크를 착용한 경우 증상 호소가 적었다[5].

본 저자들은 태안 지역주민으로 사고 발생 4일 후부터 약 한 달 동안 유류 제거작업에 참여했던 66세 여자 환자에서 발생한 호흡부전을 경험하였기에 보고하는 바이다.

증 례

환 자: 여, 66세

주 소: 기침, 가래

현병력: 환자는 태안 거주자로 2007년 12월 7일 충남 태안에서 유류 유출 사고가 발생한지 4일 후부터 기름 제거 작업에 참여하였는데 한 달 동안 매일 마스크 없이 앉아서 기름 제거 작업을 했다. 이후부터 두통, 구인두 통증, 기침, 가래, 발열 증상이 있어 근처 병원에서 급성 상기도 감염으로 진단 후 약물 치료를 하였으나 한 달 넘게 증상이 호전되지 않고 점차 악화되어 흉부방사선 사진 촬영 후 의증 폐렴으로 본원 호흡기내과 외래로 전원되었다.

입원 시 환자는 기침, 가래, 가끔씩 나오는 소량의 혈담을 호소하였다.

개인력 및 과거력: 흡연 및 음주는 안하고, 질환 과거력 및 가족력은 특이사항이 없었다.

직업력 및 작업환경: 환자는 충남 태안군 이원면에 거주하였으며, 이는 유류 유출 사고 피해 지역으로 유출 사고 이후 기름 냄새가 환자 거주지까지 확산되었다고 한다(Figure 1). 유출 사고 이전까지 굴 채취를 하면서 지냈던 자로, 사고 발생 3일 후부터 한 달 가량 마스크 등의 방제 도구 없이 앉아서 기름 제거 작업을 하였다.

검사 소견 및 임상경과: 입원 시 환자의 의식은 명료하였고, 활력 징후는 혈압 120/80 mmHg, 맥박 60회/분, 호흡수 20회/분, 체온 36.2°C로 정상 소견이었다. 진찰 소견상 우측 폐 하엽에서 수포음(crackles)이 청진되었다. 검사실 검사 소견상 nasal cannula을 통해 산소 유량 2 L/min 상태에서 동맥혈 가스분석(arterial blood gas analysis, ABGA)검사 결과, pH 7.47, $PaCO_2$ 30.5 mmHg, PaO_2 80.1 mmHg, HCO_3 22.2, SaO_2 96.6%였고, 혈액검사에서 헤모글로빈 10.6 g/dL, 백혈구 7,990/mm^3, 적혈구 침강속도(erythrocyte sedimentation rate, ESR) 45 mm/h, C 반응성 단백(C-reactive protein, CRP) 6.27 mg/L이었다. 내원 시 시행한 폐기능 검사는 노력성 폐활량(forced vital capacity, FVC) 1.34 L (55% of pred), 1초간 노력성 호기량(forced expiratory volume in 1 second, FEV_1) 1.17 L (68% of pred), FEV_1/FVC 87%로 중등도의 제한성 폐기능 장애소견을 보였고, 심전도 검사는 부정맥이나 허혈 소견 없이 정상이었다. 입원 시 단순 흉부방사선 검사에서 우측 폐에 미만성 폐 경화(diffuse consolidation) 소견 보였고(Figure 2A), 흉부전산화 단층촬영(computed tomography of chest, chest CT)에서 우측 전체 및 좌상엽에 다발성 폐 경화(multiple patchy consolidation) 및 우상엽에서 간유리음영(ground glass opacity)과 소량의 우측 흉수가 관찰되었다(Figure 2F). 임상적으로 폐렴으로 진단하고 경험적 항생제를 시작하였으나 입원 일주일 후 증상 호전 없고 발열 동반되며 단순 흉부방사선상 우측 흉수 증가 및 경화 증가 소견 보여 기관지 내시경 검사 시행하였다. 기관지 내시경 검사상 세균 또는 결핵균 등의 원인균은 동정되지 않았으며 입원 3주 후 발열, 가래 증상 호전되고 우측의 폐 경화 소견이 호전되었다가 추적 관찰한 단순 흉부방사선과 고해상 전산화 단층촬영(high resolution computed tomography, HRCT) 검사에서 좌측 폐야에 간유리 음영 및 폐 경화가 증가하면서(Figure 2B)

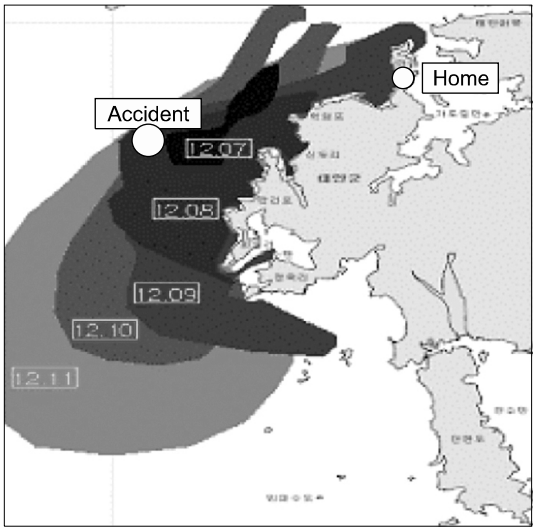

Figure 1. Maps of the oil spill area including patient's residence (adapted and modified from Ministry of Environment). The gray colored parts in the sea indicate the areas contaminated by oil spill in chronologic order (date marked in boxes). Oil spill accident area and patient's home specified with white boxes. After 3 days from accident (9 Dec, 2007), crude oil arrived at the residence of patient.

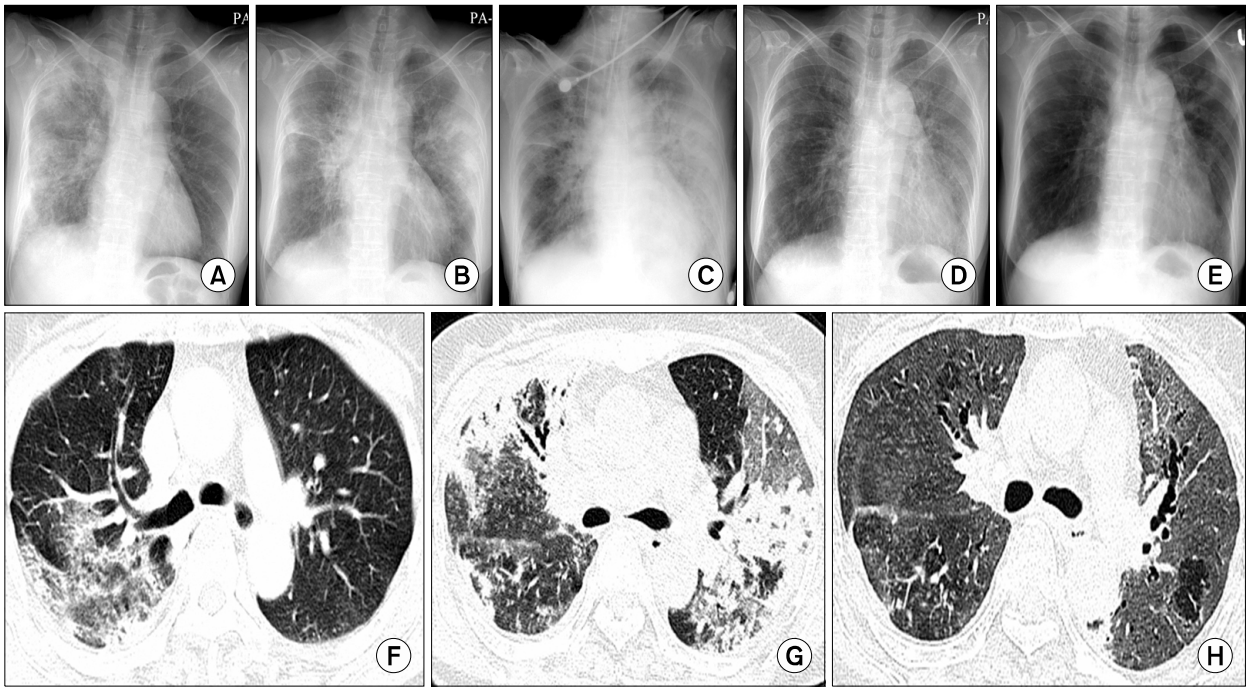

Figure 2. The radiologic changes in the patients. (A) Chest PA on admission, (B) hospital day (HD) 20, (C) HD 27, (D) HD 45, (E) HD 80, (F) Chest CT on HD 2, (G) HD 26, (H) HD 80. The radiologic findings showed migrating patchy consolidations with ground glass opacities during hospital days.

다시 기침, 가래 심해지고 저산소증, 호흡부전으로 진행하여 입원 4주째에 중환자실로 전실, 인공 기계환기 요법 시작하였다(Figure 2C, G). 병원 획득 폐렴 가능성을 고려하여 혈액 및 객담 배양 검사 후 경험적 항생제를 바꾸었으나 배양 검사 결과는 음성이었다. 입원 초기 및 악화 이후 폐렴의 원인균이 전혀 동정되지 않은 점, 특발성으로 진행된 호흡부전, 발병 당시 환자가 한 달 동안 유류 제거 작업을 했던 점을 고려하여 유류 제거 작업을 통한 탄화수소 흡입성 폐 손상과 호흡부전으로 추정하였다. 이후 서서히 좌측 간유리 음영 및 폐 경화 소견이 호전되면서 3주 후 기관절개술 상태에서 인공호흡기 이탈에 성공하였다. 추적 검사로 시행한 단순 흉부방사선(Figure 2D) 및 HRCT에서 우측은 거의 회복되었으나 기관지확장증 변화가, 좌측의 폐 경화 및 간유리 음영은 이전에 비해 많이 호전된 소견을 보여주었고, 입원 12주 후 퇴원 시 시행한 폐기능 검사에서 FVC 1.07 L (42% of pred), FEV_1 1.03 L (57% of pred), FEV_1/FVC 97%, 총 폐용량(total lung capacity, TLC) 2.91 L (59% of pred), 폐 확산능(diffusing capacity of carbon monoxide, DLCO) 3.9 mL/mmHg/min (27% of pred)로 중증의 제한성 폐기능 장애 및 폐확산능 감소 소견을 보이고 있었다. 환자는 퇴원 후 6개월째 외래에서 단순 흉부방사선 및 HRCT, 폐기능 검사를 시행했는데 양측 폐에 기관지확장증 변화가 남아있고(Figure 2E, H), 폐기능 검사상 제한성 폐기능 장애는 회복한 상태였다. 환자는 탄화수소 흡입에 의한 호흡부전으로 산재 진단을 받았고, 현재 퇴원 후 10개월째 안정적으로 외래 추적관찰 중이다.

고 찰

원유는 탄화수소를 주성분으로 하고 이외에 황, 황화수소, 중금속을 함유하고 있는 액체이다. 또한 원유에는 여러 가지 종류의 화합물이 혼합된 상태로 존재하는데 메탄과 같은 휘발성 가스상 물질, 경유와 같은 액체성 물질, 중금속과 같은 고체성 물질 등이다[6]. 원유의 화학적 성상은 산지에 따라 다를 수 있지만 유출 사고가 있을 경우 벤젠, 톨루엔을 포함한 휘발성 유기화합물, 다환방향족탄화수소(polycyclic aromatic hydrocarbons), 중금속 특히 수은에 의한 건강 피해가 발생할 수 있다[6]. 원유의 주성분인 탄화수소는 다양한 산업 현장에서 광범위하게 사용되고 있고 가정에서도 흔히 사용되고 있어 직업적 중독 사고 또는 소아 중독 사고의 원인이 될 수 있다[6-9]. 탄화 수소

중독은 주로 등유, 휘발유, 공업용 유기용제 사용 시에 많이 나타나며, 섭취 시에 심장 부정맥을 비롯한 심혈관계 합병증을 유발할 수 있고 흡인 또는 흡입에 의한 호흡기계 증상을 초래할 수 있다[7-9]. 호흡기를 통해 노출된 탄화수소의 독성은 공기 중 농도, 노출된 시간, 노출된 탄화수소의 점성, 휘발성, 표면장력, 첨가 물질의 독성에 따라 결정된다[7]. 방향족 탄화수소가 점성이 낮고 휘발성이 높아 노출 시 호흡기 독성이 심할 수 있다. 탄화수소 흡인에 의한 폐 손상은 호흡기 상피세포, 폐포막, 폐모세관막의 직접적인 파괴, 표면활성제의 표면장력 변화에 의해 초래된다[7]. 또한 기화된 탄화수소에 의해 폐포 내 가스가 대체되면서 급성 저산소증이 일어날 수 있다[7]. 임상적으로 심한 경우 괴사성 폐렴과 출혈성 폐부종으로 48시간 이내 사망으로 이어질 수 있으며, 심하지 않은 경우 2～5일 사이에 호전된다. 반면에 기종이나 유지질 폐렴의 경우 수주에서 수개월간 지속되기도 하며, 박테리아 중복감염, 급성 호흡곤란 증후군, 장기간의 폐 부전을 초래할 수 있다[7-9].

유류 유출 사고로 인해 유출된 원유는 확산과 이류의 과정을 반복적으로 거치는데, 대부분 연안 지역에 도달하기 전에 휘발되기 때문에 섭취 또는 흡인에 의한 탄화수소 중독만큼 독성 효과가 크지 않을 수 있다[10]. 그러나 유출된 유류는 주변 대기 환경을 오염 시키고, 방제작업을 하는 사람들이나 피해지역 거주자들은 오염 대기에 직접적으로 노출된다. 이러한 공기를 장시간 흡입하게 되면 독성 영향이 나타날 수 있다. 탄화수소의 흡입에 의한 폐 독성 연구는 지방족 및 방향족 탄화수소의 하나인 Jet Propulsion-8 (JP-8)을 이용한 연구들이 있다[11]. JP-8 흡입에 의하여 기관지 및 폐포 상피세포 손상, 투과성 증가로 인한 폐 부종 및 염증세포 침윤, 폐포 대식세포 독성 작용 및 면역력 저하가 초래된다[11]. 임상적으로 JP-8 흡입에 의해 세기관지염, 기관지 폐렴 또는 폐 섬유화가 나타날 수 있다[11]. 본 환자는 입원 초기에 폐렴이 악화되자 원인균을 진단하기 위하여 기관지내시경을 시행하였으나 broncho-alveolar lavage은 시행되지 못하였다. 후향적으로 기관지 세척액에서 시행한 cytology 슬라이드를 검토하였으나 폐포 대식세포의 병태를 관찰할 수 없었다. 본 허베이 스피릿호 유류 유출 후에 태안 주변 해안지역의 대기시료를 분석한 결과, 파라핀계 및 방향족 탄화수소 10여 개가 검출되어 기름 유출로 인한 대기오염을 확인하였다[10]. 또한 휘발 물질 중 벤젠을 대상으로 주변 지역 대기 중 농도 모델링을 해본 결과, 유출량이 10,000 kL 이상일 경우 13 km 이상 지점까지 대기 중 벤젠 농도가 0.1 ppm을 초과하는 것으로 측정되었다[6]. 본 환자의 거주지인 태안군 이원면은 직접적인 피해지역으로 유류 유출 초기부터 환자는 유류 제거작업 기간뿐만 아니라 거주지에서도 오염된 대기에 노출되었음을 알 수 있었다.

대량의 유류 유출에 의한 해양 오염 사고가 발생했을 때 유류 제거작업에 참여한 사람들과 지역 주민들에게 나타나는 건강 영향에 대한 연구들이 시행되었다[3]. 최근 2002년 스페인 해역에서 발생한 프레스티지호 사고에서 약 67,000톤의 원유가 방출되었고, 2003년에는 35,000톤의 원유가 태스만 스피릿(Tasman Spirit)호 사고로 인해 유출되었으며, 모두 사고 이후 건강 영향에 대한 연구들이 보고되었다[2,4,12-14]. 프레스티지호 사고에서는 임상 및 정신증상, 폐기능, 및 유전 독성에 대한 연구가 행해졌다. 이 연구에서 유류 제거작업자들이 호소한 급성 독성 증상은 두통, 눈 증상, 인후 및 호흡기 증상, 어지러움, 오심 및 구토 등의 신경학적 증상들이 있었고, 이는 작업 기간이 20일 이상인 경우 유의하게 증가하였다[2]. 또한 방제도구를 제대로 갖추고 방제작업을 시행했던 사람들이 급성 독성 증상 호소가 적은 것으로 나타났다[10]. 만성 호흡기 영향에 대한 연구도 행해졌는데, Zock 등[4]이 지역 주민을 대상으로 14～27개월 후에 호흡기 증상 유병률을 조사하였다. Zock 등은 사고 이후에도 지속적으로 호흡기 증상이 존재하며 이는 작업량 및 기간과 연관성이 있음을 보고하였다. 반면 Meo 등[14]은 태스만 스피릿 호 사고 이후 한 달과 1년 뒤에 방제작업에 참여했던 군과 대조군에서 폐기능 검사를 실시한 결과, 사고 한 달 후의 폐기능은 방제작업을 했던 군에서 유의하게 감소하였지만 1년 이후에는 회복하여 대조군과 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 2007년 12월에 충남 태안 해역에서 발생한 허베이 스피릿 호 유류 유출 사고는 아직 장기간의 건강 영향 평가는 보고되지 않은 상태이나, 급성 건강 영향 조사는 이루어졌다[1,2]. 급성 건강 영향 조사는 급성 노출환경 평가, 인체 노출평가를 위한 생체지표 분석, 및 건강영향 평가로 구성되었다[1,2]. 방제작업에 참여한 주민들을 대상으로 한 연구를 보면, 보호장비 착용률은 일반 마스크가 71.3%, 필터 마스크가 39.3%였고, 눈 자극 증상, 인후 및 기관지 자극 증상, 두통, 오심 및 구토, 피로, 근골격계 증상 등 다양한 자각증상을 호소하였다. 이러한 증상은 방제작업량이 많을수록, 피부 기름노출이 많을수록 증가하였다[1,15]. 본 환자는 방제작업에 참여한 기간 동안 보호장비 없이 작업을 지속하였고 이는 방제작업 시에 탄화수소 독성효과의 위험인자로 작용했을 가능성이 높다.

본 증례는 탄화수소 중독에 의한 호흡부전을 확진할 수 있는 진단적 검사가 없다는 제한점이 있다. 하지만 유류 유출 후에 장기간 유류 제거작업을 하거나 오염 지역 거주자인 경우 장시간 탄화수소로 오염된 대기에 노출됨으로써 호흡기 증상이 초래될 수 있다. 본 환자가 호흡부전 발생 전에 유류 제거작업에 참여하였던 점을 고려하면 특발성 호흡부전의 원인으로 유류 제거작업 시 노출된 탄화수소 독성 영향을 생각해 볼 수 있다. 또한 환자가 고령이었고, 사고 지역 거주자였으며 급성 독성 증상이 나타났음에도 장기간 지속적으로 유류 제거작업에 참여했던 점, 또한 보호장비 없이 유류 제거작업에 임했던 점이 탄화수소 중독의 독성 효과를 높이는 위험 요인으로 작용했을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Ministry of Environment. The united conference of health effect investigation for Hebei Spirit oil spill: interim report of acute health effect investigation. Seoul: Department of Environmental Health Policy. Ministry of Environment; 2008.
2. Suárez B, Lope V, Pérez-Gómez B, Aragonés N, Rodríguez-Artalejo F, Marqués F, et al. Acute health problems among subjects involved in the cleanup operation following the Prestige oil spill in Asturias and Cantabria (Spain). Environ Res 2005;99:413-24.
3. Ha M, Lee WJ, Lee S, Cheong HK. A literature review on health effects of exposure to oil spill. J Prev Med Public Health 2008;41:345-54.
4. Zock JP, Rodríguez-Trigo G, Pozo-Rodríguez F, Barberá JA, Bouso L, Torralba Y, et al. Prolonged respiratory symptoms in clean-up workers of the Prestige oil spill. Am J Respir Crit Care Med 2007;176:610-6.
5. Ha M. Investigation of acute health problems among people exposed to the Hebei Spirit oil spill. Seoul: Ministry of Environment; 2008.
6. Kim YM, Cheong HK, Km JH, Km JH, Ko K, Ha M. Scientific basis of environmental health contingency planning for a coastal oil spill. J Prev Med Public Health 2009;42:73-81.
7. Lee KW, Lee JH. Two cases of hydrocarbon (gasoline) intoxication following ingestion and inhalation. J Korean Soc Emerg Med 2001;12:551-9.
8. Lee CY, Choi SW, Kim Y, Chung BC, Kim HJ, Ahn CM, et al. A case of chemical pneumonitis induced by ingestion of hydrocarbon. Tuberc Respir Dis 2000;49:639-43.
9. Kim DH, Lee MY, Oh IG, Kim BY, Lee GS, Lee CS, et al. A case of chemical pneumonitis induced by hydrocarbon ingestion. Korean J Med 2001;61:53-8.
10. Lee KH, Park SY, Ahn JW, Hong OF, Yim UH, Kim KH. A study of air pollution due to oil spill accident at the Tan-Ahn peninsula, Korea 2007. A major focus on hydrocarbon pollution. Korean J Odor Res Eng 2008;7:68-75.
11. Robledo RF, Young RS, Lantz RC, Witten ML. Short-term pulmonary response to inhaled JP-8 jet fuel aerosol in mice. Toxicol Pathol 2000;28:656-63.
12. Carrasco JM, Lope V, Perez-Gomez B, Aragones N, Suarez B, Lopez-Abente G, et al. Association between health information, use of protective devices and occurrence of acute health problems in the Prestige oil spill clean-up in Asturias and Cantabria (Spain): a cross-sectional study. BMC Public Health 2006;6:1.
13. Janjua NZ, Kasi PM, Nawaz H, Farooqui SZ, Khuwaja UB, Najam-ul-Hassan, et al. Acute health effects of the Tasman Spirit oil spill on residents of Karachi, Pakistan. BMC Public Health 2006;6:84.
14. Meo SA, Al-Drees AM, Meo IM, Al-Saadi MM, Azeem MA. Lung function in subjects exposed to crude oil spill into sea water. Mar Pollut Bull 2008;56:88-94.
15. Lee SM, Ha M, Kim EJ, Jeong WC, Hur J, Park SG, et al. The effects of wearing protective devices among residents and volunteers participating in the cleanup of the Hebei Spirit oil spill. J Prev Med Public Health 2009;42:89-95.