

톨루엔

가. 화학물질 정보

(1) 동의어

메틸벤젠(methylbenzene), 1-메틸벤젠(1-methylbenzene), 메틸벤졸(methylbenzol), 페닐메탄(phenylmethane), 톨루올(toluol), 메틸 벤젠(methyl benzene)

(2) 물리·화학적 성질

- C A S N o : 108-88-3. 분자식 및 구조식 : $C_6H_5CH_3$
- 모양 및 냄새 : 무색 투명한 휘발성 액체, 방향족의 달콤한 냄새(냄새 역치 : 2.5 ppm)
- 분 자 량 : 92.14 (1 ppm = 3.77 mg/m³). 비 중 : 0.8667a(20°C)
- 녹 는 점 : -95.0°C. 끓 는 점 : 110.6°C
- 증 기 밀 도 : 3.3 (공기=1). 증 기 압 : 22 mmHg (2°C), 59.3 mmHg (40°C)
- 인 화 점 : 4.4°C (밀폐상태). 폭 발 한 계 공기 중 1.27%~7.0%(vol %)
- 용 해 도 : 물에 잘 안 녹는다(0.515g/100mL, 20°C). 유기용제에는 잘 섞인다.
- 기 타 : 인화성이 매우 큰 액체. 출처 : Merk index

(3) 발생원 및 용도

1) 발생원 : 합성고무제조, 도료, 수지 생산, 유기화합물(페놀, 아세톤) 제조업장

2) 용도 : 합성고무, 도료, 수지 생산, 유기화합물(페놀, 아세톤), 세정/세척 등의 용도로 사용

- 20세기 초에는 석탄 건류 과정에서 생산되었으나, 근래에는 석유 정제 과정에서 생산된다. 즉 원유에 high flash aromatic naphta 성분으로 포함되어 있다.
- 이밖에 n-heptane을 고온 처리하여 합성하기도 한다. 유기화합물의 열분해과정에서 발생되며, 담배연기에도 소량 포함되어 있다.
- 톨루엔은 화학, 고무, 페인트, 제약 산업 등 분야에서 광범위하게 사용되는데, 신나(thinner), 잉크, 향수, 염료, 온도계 등에 용제 또는 원료로 사용된다.
- 오일, 합성수지, 페인트 등의 용제로 이용될 뿐 아니라 페놀, 톨루엔 이소시아네이트, 트리니트로 톨루엔, 염료, 약품, 사카린 같은 화합물 제조에도 사용되는 등 산업장에서 가장 널리 사용되는 유기용제 중의 하나이다.
- 따라서 용제 취급 공정(페인트, 락카, 코팅, 염료, 페인트 제거제, 살충제 등); 화학 물질 제조, 인조 고무제조, 직물/종이 코팅 자동차 및 항공기 연료 취급 등 공정에서 노출된다.

(4) 주로 노출되는 공정

- 1) 취급사업장 : 용도의 취급 장소, 원재료 투입, 배합, 희석, 농축, 중화 공정, 세척 등의 공정

나. 임상적 물질정보

(1) 흡수 및 대사

- **흡수** : 주로 호흡기를 통해 흡수되며 약 20% 정도는 변화 되지 않은 채로 호기 중으로 배출된다.
액체 상태나 가스 상태의 경우에는 피부로도 흡수된다. 사고 또는 고의적 이유로 경구 흡수도 가능한데, 625 mg/kg의 톨루엔을 경구 섭취한 뒤 사망한 사례가 보고된 바 있다.
- **대사** : 나머지 80%는 microsomal mixed function oxidase system에 의해 benzoyl alcohol로 되고 alcohol dehydrogenase 및 aldehyde dehydrogenase system에 의해 산화 대사를 거쳐서 안식향산이 되며 글리신과 결합하여 마뇨산 (hippuric acid)으로 변환 된다.
- **배설** : 변환된 마뇨산은 소변 중으로 배설되며, 일부는 오르토-크레졸(o-cresol) 혹은 벤조일 글루크로나이드(benzoyl glucuronide) 등의 형태로 소변 중으로 배설된다. 이 때문에 톨루엔의 소변 중 대사산물 중 마뇨산이 주 노출지표로 사용되어 왔으나 최근에는 오르토-크레졸(o-cresol)이 새로운 노출지표로 사용되기도 한다.

(2) 표적장기별 건강장해

1) 급성 건강영향

75 ~ 150 ppm농도에 7시간씩 3일간 노출된 대학생들의 경우 기억력 감퇴, 학습능력 감퇴, 인지 능력 감퇴 등의 소견을 보였다. 100 ppm농도에 6.5시간 노출되었던 집단은 피로감, 졸리움, 중독된 느낌 등을 호소하였다.

다량의 톨루엔은 중추신경계의 기능을 저하시키며, catecholamine의 부정맥유발 효과에 대한 심근의 감수성을 증가시킨다.

2) 만성 건강영향

급성 효과 이외에도 만성적으로 노출된 사람에게 심근병, 저칼륨혈증, 신 세뇨관성 산증, 신장병 등이 생긴다. 실험동물에서 저 농도 노출 시 기저핵의 도파민 기전의 장애를 일으킨다.

i. **신경계** : 톨루엔의 마취작용은 고농도에서 급속한 중추신경계 기능 저하와 혼수상태를 일으킨다. 톨루엔을 포함한 공업용 생산품들에 포함되어 있는 방향족 불순물이 신경독성을 가중시킬 수 있다.

- 100 ppm(통상적으로 사용되었던 산업장의 노출기준 농도)에 노출되었을 때의 증상은 공기가 나쁘다고 느끼거나 기분의 변화, 소음, 코와 하기도의 자극, 중독된 느낌 등이다. 만성적으로 노출된 근로자에게서 노출되지 않은 대조군에 비해 인지기능 검사에 낮은 점수를 받았다.

- 톨루엔 증기에 급성으로 노출되었을 때의 신경정신학적 영향에 대한 연구에서는 소뇌와 중추신경계 통합기능의 장애가 가장 두드러진 것으로 보고되었다.

- 말초신경계의 장애도 보고되었으나 이는 상업용 톨루엔에 들어 있는 노르말 헥산과 같은 불순물에 의한 것으로 생각된다.

- 장기간 톨루엔을 남용하였을 때 신경정신학적 장애가 일어나지만 대부분의 경우 가역적이다. 몇몇 장기 남용자에게서 기질적인 중추신경계 장애를 일으킨 바 있다.

ii. **호흡기계** : 톨루엔은 초기에는 호흡기 자극제이다. 처음엔 기포내의 공기를 휘발된 탄화수소가 대체하고, 기관지 경련에 의해 환기-확산 기능장애(ventilation-perfusion dysfunction)가 일어나고, 유리막을 생성하며, 지질로된 계면 활성제층이 녹아버린다. 결국 호흡성 대상부전이 일어나게 된다.

- 노출의 강도가 증가할수록 호흡부전으로 사망에 이를 수 있다. 의식이 없는 상태에서는 위장 내 물질을 폐로 흡인하여 화학성 폐렴을 일으킬 수 있다.

iii. **심혈관계** : 톨루엔은 카테콜아민의 부정맥유발효과에 대한 심근 감수성의 역치를 낮추는 것으로 생각된다.

- 휘발성 용제 남용자들이 심한 육체 활동 후에 급사하는 것은 치명적인 비 관류성 심장 부정맥 때문으로 생각된다.

- 심한 중독에서는 중추신경계로 인한 저환기로 저산소증, 산증이 생겨 심장 부정맥이 생길 수 있다.

iv. **조혈기계** : 톨루엔은 만성 벤젠 노출에서와 같은 혈액학적 영향을 일으키지 않는다. 그러나 공업용 톨루엔에 의한 혈액학적 장애는 불순물로서 포함되어 있는 벤젠에 의한 영향 때문으로 생각된다.

- 현대식 증류기술은 벤젠에 의한 오염을 방지할 수 있어, 이러한 문제는 많이 감소되었다.

v. **피부** : 액체 톨루엔에 장기간 반복적으로 노출되었을 때 피부 건조와 지방 감소로 인

해 탈지방성 피부염을 일으킨다.

vi. 눈, 피부, 비강, 인두 : 톨루엔 증기에 의한 눈에 대한 자극은 농도 300 ppm부터 시작되며 경미한 염증반응이다.

- 톨루엔이 직접 눈에 들어갔을 때는 타는 듯한 통증, 각막 손상, 각막상피의 박리를 일으킨다.

vii. 기타 : 만성적인 용제 남용자들에게서 대사성 산증, 저칼륨혈증, 혈뇨, 단백뇨, 원위 신 세뇨관성 산증, 세균뇨 등이 보고되었으나 이러한 영향은 가역적인 것으로 생각된다.

- 마뇨산과 기타 톨루엔 대사에서 생기는 유기산 부산물의 축적은 톨루엔 남용 시 생기는 음이온차가 증가하는 대사성 산증을 일으키는 것으로 생각되고 있다.

- 소변 중 레티놀 결합 단백 농도의 증가와 톨루엔 노출이 양 반응관계에 있는 것으로 미루어 남용자들에게 있어 초기에 신세뇨관에 영향을 끼치는 것으로 생각된다.

- 본드 흡입자에게서 간독성이 보고된바 있으나 만성적으로 노출된 근로자들에게서는 간독성이 관찰되지 않거나 아주 미미한 것으로 나타났다.

- 만성 톨루엔 남용자들에게서 보여진바와 같이 톨루엔은 태아발달에 심각한 영향을 미치는 것으로 생각된다.

- 임신 중 고농도의 용제를 남용한 경우 태아는 자궁 내에서 만성적으로 노출되어 소두증, 중추신경계 기능저하, 주의력결핍 과다행동장애, 성장지연, 두개안면과 사지의 이상, 다양한 성장 결핍을 나타낸다.

- 모성의 신 세뇨관성 산증에 의한 심한 신생아 산증이 보고되었다. 그러나 이러한 연구 결과는 알코올이나 다른 유기용제 노출과 혼동되어 있기 때문에 해석에 주의를 요한다.

3) 발암성

IARC에서는 3(Unclassifiable as to Carcinogenicity in Humans), ACGIH에서는 A4, EPA에서는 D(Not Classifiable as to Human Carcinogenicity)

(3) 노출기준

1) 기중 노출기준

- 한국(고용노동부, 2013) TWA : 50 ppm (188 mg/m³) STEL : 150 ppm (560 mg/m³)

- 미국(TLV; ACGIH, 2011) TWA : 20 ppm STEL : -

- 기준 설정의 근거: 장기간에 걸쳐 나타날수 있는 청-황 시야, 유산 등을 방지하는 수준에서 설정

- 미국(PEL; OSHA, 2012) TWA : - STEL : -

- 미국(REL; NIOSH, 2012) TWA : 100 ppm (375 mg/m³) STEL : 150 ppm (560 mg/m³)

- 유럽연합(OEL, 2012) TWA : 50 ppm (192 mg/m³) STEL : 100 ppm (384 mg/m³)
- 독일(DFG, 2012) MAK : 50 ppm (190 mg/m³) PL : II(4)
- 일본(OEL; JSOH, 2012) TWA : 50 ppm (188 mg/m³) STEL : -
- 일본(ACL; 후생노동성, 2012) TWA : 20 ppm STEL : -
- 핀란드(사회보건부, 2011) TWA : 25 ppm (81 mg/m³) STEL : 100 ppm (380 mg/m³)

(4) 생물학적 모니터링

- 미국(BEI; ACGIH, 1999) : 노출 이후 정맥혈의 톨루엔 농도 : 0.02 mg/ℓ
- 노출 직후 채취한 소변 중 톨루엔 : 0.03 mg/ℓ
- 노출 직후 채취한 소변 중 오르토-크레졸 : 0.3 mg/ℓ
 - * 소변 중 마노산 측정 : 낮은 농도에서는 생체감시 효과가 적어 50 ppm 이상의 노출에 적용되며, 향후 사용하지 않으려는 경향이 있다.
- 독일(BAT) : 노출 직후 채취한 정맥혈 중의 톨루엔 : 1.7 mg/ℓ
 - * 추후 시행 가능한 건강영향조사를 대비하여 혈액 및 소변 튜브에 날짜, 채취시간, 이름(연번) 표기하여 40~60mL 소변수집
 - => -20°C에서 냉동보관(추후 건강영향조사시 수거예정)

(5) 참고문헌

- 1) ACGIH. Documentation of the TLV's and BEI's with Other World Wide Occupational Exposure Values. Cincinnati. 2010.
- 2) Toxnet HSDB available: <http://toxnet.nlm.nih.gov> [cited 15 September 2012]
- 3) ATSDR Toxicological Profile. Available: <http://www.atsdr.cdc.gov/> [cited 15 September 2012]
- 4) Fiedler N.L., Organic Solvents and Fuels. In: Rom WN (eds) Environmental and Occupational Medicine. 4th ed. Lippincott-Raven Pub. Philadelphia. 2006. p 1103

다. 주요 문진항목

- 톨루엔 증기의 소량 흡인은 가벼운 두통, 현기증, 졸음, 또는 구토 등을 유발 할 수 있다.
 - 더 심각한 노출인 경우에는 졸림증, 말더듬, 불규칙 심장 박동, 실신 또는 사망의 원인이 될 수 있다.
 - 톨루엔 증기는 중증도의 피부, 눈, 폐 자극증상을 유발한다.
 - 액체상태의 톨루엔에 피부 접촉이 있었다면, 자극 및 발진 증상이 발생할 수 있다.
 - 눈 부위 노출시 눈에 손상을 줄 수 있다.
 - 일반적으로 톨루엔에 더 심하게 노출될수록 더 심한 증상이 나타난다.
- ▶ 피로, 두통, 현기증, 경련 또는 발작
 - ▶ 기침, 호흡 곤란, 짧아진 호흡 또는 천명음(호흡시 "쌉쌉" 거리는 소리)
 - ▶ 가슴 통증 또는 압박감
 - ▶ 노출된 눈 부위의 통증 및 분비물 증가
 - ▶ 피부화상 부위의 통증 및 피부 변화, 분비물 증가
 - ▶ 발열

(1) 현재 주된 증상(주소)

- 1) 화학사고 이후 노출에 의해 발생한 증상
 - 작성된 설문지를 활용하여 현재의 주된 자각증상을 확인한다.
 - 특유의 자각증상 없이 막연한 산발적 증상을 호소하는 경우에도 설문지 작성외의 증상은 기술하고 필요시 추적 조사하여 확인한다.
 - 임상적 진단에 있어 임상진찰이나 임상검사 못지않게 중요한 것이 자각증상의 조사이다.

(2) 직업력, 거주지

- 1) 작성된 설문지를 활용하여 화학사고 이후 노출에 의해 발생한 증상과 관련이 있을 만한 직업력 및 거주지에 관한 정보를 상세화한다.
 - 현재 직업력 : 업체명, 직종, 작업형태, 기간, 취급물질 등 직접 종사 작업
 - 현재 거주지 (현 거주지가 화학물질 노출지역인 경우 중요)

(3) 노출력 조사

※ 작성된 설문지를 활용하여 화학사고 당시의 노출력에 대해 아래와 같이 확인한다.

- 1) 노출시 노출원과의 거리
- 2) 노출시간
- 3) 노출시 상황(야외 활동, 실내근무, 보호구 착용여부 등 직접노출, 간접노출 등에 관한 정보)
- 4) 대피여부 및 대피방법, 대피시 상황 등
- 5) 노출지역 주변의 식물(벼, 과수 등 농작물)의 고사 여부, 사업장 및 주택 등 건물 손상 여부

(4) 과거 병력조사

- 1) 작성된 설문지를 활용하여 화학사고 이후 노출에 의해 발생한 증상과 관련이 있을만한 과거 병력에 관한 정보를 상세화한다.
- 2) 과거병력 조사의 구체적인 내용
 - 일반 질병과 화학사고 이후 노출에 의해 발생한 증상과 관련 질환의 가능성이 높은 질병으로 나누어 치료력이 있는 질병 및 외상에 관하여 조사한다.

(5) 현병력 및 생활습관 조사

- 현재의 이환상황 및 현재의 치료질병에 관하여 확인한다.
 - 화학물질 노출 이후 발현 증상과 관련이 있는 질병에 관해서 조사한다.
- 1) 현 병명
 - 2) 치료방법
 - 3) 시기 : 치료개시시기
 - 4) 생활습관 : 흡연력, 음주력 등

라. 이학적 검사항목

- ※ 눈·비강·인후두, 중추신경계 증상 및 피부에 유의하여 진찰
 - ※ 톨루엔에 노출이 의심된 모든 환자는 24시간 경과 후 호흡기, 중추신경계, 피부, 눈, 간, 신장의 손상 등에 대해 추적관찰 하여야 한다.
 - ※ 과거 질병력에 대한 확인 필요
 - 중추신경장애 · 만성 간질환 · 만성 신질환
 - 말초신경장애 · 알코올 중독
 - ※ 임상 진찰시, 중추신경계 장애, 간 장애, 피부장애, 호흡기장애, 심장장애, 신장장애급성 안과적 장애, 혹은 기관지염, 기도폐쇄성 질환, 천식, 등의 발생에 주의하여 본다.
-

(1) 전신상태

- 활력징후 체온, 맥박, 호흡수, 혈압, 신장과 체중
- 체중변화, 권태감, 피로감, 발열, 오한, 발한, 식욕부진, 불면 등
- 정신상태 : 불안, 불면, 의식상태, 감정, 주의력, 기억력 등

(2) 호흡기계, 심혈관계

1) 폐음 확인

- 기침, 가래, 호흡곤란, 객혈, 흉통, 천명음 등 호흡기계 손상여부 확인 중요함
- 호흡음, 호기의 연장, 습성 라음, 건성 라음, 기침후의 라음(posttussive rales), 마찰음(friction rub), 천명, 흉성(pectoriloquy), 기관지성(bronchophony)

2) 심음 확인

- 부정맥, 심계항진, 청색증 등 심장이상 소견 확인

(3) 정신 신경계

- 초조, 불안, 우울, 불면, 조증 등
- 두통, 현기증, 외상, 동통, 강직(stiffness), 종창
- 성격 혹은 정신상태의 변화, 기억력 저하, 지각장애, 감각장애, 보행장애, 근력저하 혹은 마비, 운동실조 등
- 행동 : 행동과잉, 무의지증, 실행증(apraxia)
- 구음장애(dysarthria), 발성장애(dysphonia), 실어증(aphasia)
- 신경근성 분포의 동통, 이상감각 및 근력저하, 양측성 원위부 감각장애

(4) 이비인후관계

- 인후두 점막 자극증상 및 소견 기술 (특히 후두부 발적소견)
- 구강 : 구취, 잇몸출혈, 구강점막의 병변, 타액분비항진, 구내건조감, 혀의 동통, 지각이상, 미각장애, 설태, 궤양, 색소침착, 점막진(enanthem)
- 성대 : 쉼소리, 발성장애
- 귀 : 청력장애(난청), 이명, 현훈, 분비물(이루), 이통
- 코 : 분비물, 비출혈, 비폐색, 궤양, 후각 장애

(5) 안과적 소견

- 시력장애, 복시, 암점, 안구작열감, 눈물, 동통, 건조, 발적, 창백, 충혈, 점상출혈(petechiae), 각막혼탁, 반흔, 궤양 등 각막손상 여부

(6) 피부과적 소견

- 색조의 변화, 성상(긴장도, 습윤도, 경도), 피부발열, 부종, 발진, 반점, 혈관확장, 수장홍반, 출혈, 발한(sweating), 피부홍조(flushing), 피부퇴색(bleaching)
- 피부 통증, 발진, 수포, 가려움증, 모발 및 손톱의 변화색조, 손톱의 변형, 황달

마. 임상검사 항목

(1) 혈액 및 소변검사

- 1) CBC c Diff
- 2) Electrolyte Panel (5종 Na, K, Cl, P, Ca)
- 3) RFT (BUN/Cr), UA (10종), Serum lactate
- 4) LFT (AST/ALT, Total bilirubin, direct bilirubin, indirect bilirubin)
알카리포스파타제, 알파피토단백, B형간염 표면항원, B형간염 표면항체
- 5) Glucose, T.CHO, LDL, HDL, TG
- 6) 면역글로불린정량(IgE)
- 7) 생물학적 노출지표 검사 : 소변 중 마노산(노출 직후 채취)
 - 소변 튜브에 날짜, 채취시간, 이름(연번) 표기하여 40~60mL 소변수집
 - ==> -20°C에서 냉동보관(추후 건강영향조사시 수거예정)

(2) 호흡기 및 심혈관계 검사

- 1) Chest PA/Lat
- 2) EKG
- 3) 선택검사 항목
 - ==> 대사성 산증을 보이거나 메탄올 중독이 의심될 경우 : 메탄올 농도, osmolar gap 과 동맥혈 가스검사를 시행
 - ==> 호흡기 증상 호소 시 : PFT, HRCT, Pulse Oximetry, ABGA, CoHb
 - ==> 가슴 압박감, 심실성 부정맥, 저혈압 등 심장관련 증상 호소시 : 24시간 ECG, Cardiac Marker
 - ==> 간기능 검사 이상시 : C형간염 항체, A형간염 항체, 초음파 검사

바. 응급처치 지침

- (1) 가능한 빨리 피부에 접촉된 톨루엔을 제거하는 것이 매우 중요하다.
(톨루엔은 증기 형태로 흡입하는 경우가 일반적인 노출이지만, 액체 상태로 피부 흡수나 경구 섭취에 의한 전신증상이 있을 수 있다.)
(소아의 경우 손을 입안으로 넣는 행동이 흔하므로 구강안 검사를 반드시 한다.)
- (2) 톨루엔에 오염된 환자의 옷이나 개인 소지품은 신속히 제거하고, 차가운 흐르는 물로 노출된 피부와 체모 부위를 최소 5분 이상 충분히 세척한다.
(샤워 기구를 사용하는 것이 좋다. 어린이나 노인의 경우 차가운 물로 오염물질 제거시 저체온증을 예방하기 위해 적절히 담요나 워머를 사용한다.)
- (3) 눈 부위 노출 시, 생리 식염수로 적어도 15분 이상 통증이 완화될 때까지 충분히 씻어 내야 한다.
⇒ 콘택트렌즈는 눈의 추가 손상 없이 쉽게 제거 가능할 경우 제거한다. 시력을 측정하고 각막 손상에 대해 검사를 시행하고 적절히 치료한다.
⇒ 심각한 각막손상을 보이는 환자는 즉시 안과의사에게 협진을 의뢰한다.
⇒ 각막 손상이 확인된 환자는 24시간 이내에 재검사를 시행한다.
(안검 경련의 증상 완화를 위해 0.5% tetracaine과 같은 안과용 마취제를 사용할 수 있고, 눈꺼풀 아래의 적절한 세척을 위해 안검 견인기를 사용할 수 있다.)
- (4) 충분히 오염제거가 된 후에는 ABC의 평가와 조치를 한다.
⇒ 기도를 확보하고 호흡, 순환상태를 평가한다.
⇒ 중증 환자에서는 우선 정맥로를 확보하고 심장리듬 모니터를 시행한다.
⇒ 톨루엔은 해독제가 없다.
(소아는 기도의 직경이 성인에 비해 더 작기 때문에 부식성 물질에 더 취약할 수 있다. 호흡곤란이 있는 경우 기관 삽관을 통해 기도를 확보하고 호흡을 보조해야 한다. 기관 삽관이 불가능할 경우에는 수술적인 기도확보를 시행해야한다.)
- (5) 혼수, 저혈압, 경련, 심실성 부정맥을 보이는 환자는 전통적인 방식으로 치료해야한다.
⇒ 톨루엔은 해독제가 없다.
⇒ 중증 환자에서는 우선 정맥로를 확보하고 심장리듬 모니터를 시행한다.
⇒ sympathomimetics 나 catecholamines은 심실세동 유발의 위험이 있어 사용하지 않는다.
⇒ 잘 교정되지 않거나 지속되는 부정맥은 lidocaine 보다 Beta-blockers가 더 효과적 일

수 있다.

(6) 호흡기 증상을 보이는 환자는 마스크를 통해 산소를 공급해야 한다.

⇒ 기관지 연축을 보이는 환자는 분무형 기관지 확장제로 치료한다.

⇒ sympathomimetic agents such as epinephrine and isoproterenol나 catecholamines은 치명적 부정맥을 유발 할 수 있어 피한다.

⇒ 분무형 기관지 확장제로 임상적 보고는 다소 부족하지만 beta-2 agonists 가 추천 되고, 사용전에 심근의 상태를 고려해야 한다.

(흡입 노출로 인해 흉통, 가슴 압박감, 기침 등의 증상을 보이는 경우 지연성 기관지염, 흡입성 폐렴, 폐부종, 호흡 부전이 발생할 수 있으므로 6~12 시간동안 주기적으로 검사 하며 관찰해야 한다.)

(7) 노출된 모든 환자에서 CBC, glucose, 혈청 전해질, 신장 기능, 간 기능 검사 등을 포함한 혈액 검사와 심전도 모니터링을 시행한다.

⇒ 호흡기계에 노출된 환자는 흉부방사선 검사와 맥박 산소 포화도 측정을 한다.

⇒ 혈청 톨루엔 농도 및 요 중 마뇨산(Hippuric acid) 농도는 임상적으로 유용하지 않다.

※ 톨루엔은 3시간 가량의 생물학적 반감기를 거쳐 분해 생성물인 마뇨산(Hippuric acid)으로 소변에서 측정될 수 있다. 요 중 마뇨산(Hippuric acid)의 농도는 전신증상과 상관관계가 없어 임상적으로 유용하지 않지만, 발현 증상의 원인 및 확진에 활용할 수 있다.

(ACGIH 허용기준 : 혈청 톨루엔 0.05 mg/L 이하, 요 중 마뇨산(Hippuric acid) 0.5mg/L 이하)

(8) 톨루엔에 노출된 환자는 혈청 칼륨, 칼슘 농도의 혈청 전해질을 주의깊게 모니터링 하며 저칼륨혈증 또는 저칼슘혈증을 교정해야 한다.

⇒ 톨루엔에 대한 해독제는 없으며, 혈액 투석 및 혈액 관류는 효과가 적다.

⇒ 혈중으로 흡수된 톨루엔에 의해 저칼륨혈증 또는 저칼슘혈증이 발생할 수 있고, 이로 인해 심실세동 및 부정맥 등이 발생할 수 있다.

⇒ 저칼륨혈증 또는 저칼슘혈증을 교정하기 전에는 중탄산염나트륨(sodium bicarbonate) 치료를 하지 않는다.

(9) 톨루엔을 섭취한 경우 구토를 유발하지 않는다.

⇒ 활성탄 투여의 효과는 제한적이나 일부 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

(환자가 의식이 있고, 증상이 없으며, 구역 반사가 있는 경우)

⇒ 활성탄(activated charcoal)을 1 g/kg (보통 성인은 60-90 g, 소아는 25-50 g) 투여하

면 도움이 될 수 있다.

⇒ 소아인 경우 캔 음료수와 빨대를 활용하면 활성탄(activated charcoal) 투여에 도움이 될 수 있다.

(10) 대량 섭취한 경우에는 섭취 후 30분 이내에 환자의 상태가 평가되면 위세척과 소화기계 부식성 손상 정도를 평가하기 위한 내시경시행을 고려한다.

⇒ 위관을 삽입할 경우에는 화학 손상을 입은 식도와 위에 추가 손상을 일으킬 수 있으므로 주의한다. 극심한 목 부위의 부종이 있는 경우 기관삽관 또는 윤상 갑상절개술이 필요 할 수 있다.

(소아는 부식성 물질을 대량 섭취하지 못하고 비위관 삽관은 천공의 위험이 높기 때문에 내시경을 이용한 비위관 삽관이 시행되지 않은 경우에는 위세척을 시행하면 안 된다.)

(독성 구토물 또는 위세정액은 세척 튜브를 벽 흡인기 또는 밀폐 용기에 연결하여 격리 되도록 해야 한다.)

(11) 위 세척은 부식성 물질을 제거하고, 내시경 검사 준비를 위해 특정 상황에서 유용 할 수 있다.

⇒ 위 세척을 고려해야 할 경우 (1) 많은 용량을 섭취하였을 경우 (2) 환자의 상태가 30분 이내에 평가된 경우 (3) 환자의 구강에 병변이 있거나 지속적인 식도 불편감을 호소할 경우 (4) 섭취 후 1 시간 이내인 경우

(독성 구토물 또는 위 세정액은 밀폐 용기에 세척 튜브를 연결하여 격리되도록 해야 한다)

(12) 피부 노출시 일반 화상 환자에 준하여 처치를 실시한다.

(13) 심한 흡입 노출에 의한 호흡곤란 증상이 있거나, 섭취에 의한 중추신경계 저하 증상이 있는 경우 입원치료를 고려해야 한다.

⇒ 입원환자는 신부전, 뇌손상, 부정맥 등의 징후를 잘 관찰하여야 한다.

⇒ 많은 양을 섭취한 경우 흡인성 폐렴 또는 급성 관 괴사성 신부전이 발생할 수 있으므로 중환자실에 입원하여 관찰해야 한다.

⇒ 심한 흡입 노출시 또한 지연성 폐부종 등에 의한 호흡곤란이 발생할 수 있으므로 중환자실에 입원하여 관찰해야 한다.

(14) 무증상 환자는 6~12시간 동안 관찰해야 한다.

⇒ 이 기간 동안 증상이 나타나지 않을 경우 퇴원시킨다.

⇒ 환자에게 증상이 발생하면 즉시 병원 치료를 받을 것을 교육한 후 퇴원시킨다.

(톨루엔 환자 후속지침 참조)

[톨루엔 중독 환자 일반 처치]

- (1) CBC, glucose, electrolyte를 포함한 혈액검사를 시행
- (2) 심장, 신장, 간 기능을 모니터링 한다.
⇒ ECG 모니터링, RFT, LFT 등
- (3) 호흡기 증상이 있는 경우
⇒ 흉부 방사선 검사와 맥박 산소포화도 또는 동맥혈 가스검사를 시행
- (4) 혼수, 저혈압, 경련, 부정맥 등의 증상은 기존의 방식으로 치료한다.

< 주의 >

- ⇒ sympathomimetics 나 catecholamines은 심실세동 유발의 위험이 있어 사용하지 않는다.
- ⇒ 잘 교정되지 않거나 지속되는 부정맥은 idocaine 보다 Beta-blockers가 더 효과적일 수 있다.

< 참고 >

- ⇒ 혈청 톨루엔 농도 및 요중 마뇨산(Hippuric acid) 농도는 임상적으로 유용하지 않다.
- ※ 톨루엔은 3시간 가량의 생물학적 반감기를 거쳐 분해 생성물인 마뇨산(Hippuric acid)으로 소변에서 측정될 수 있지만, 전신증상과 상관관계가 없어 임상적으로 유용하지 않다.
- ※ 그러나 발현 증상의 원인 및 확진 등에 활용할 수 있다.
(ACGIH 허용기준 : 혈청 톨루엔 0.05 mg/L 이하, 요 중 마뇨산(Hippuric acid) 0.5mg/L 이하)

- (5) 톨루엔은 해독제가 없다.
- (6) 톨루엔에 노출된 환자는 혈청 칼륨, 칼슘 농도의 혈청 전해질을 주의 깊게 모니터링 하며 저칼륨혈증 또는 저칼슘혈증을 교정해야 한다.
⇒ 톨루엔에 대한 해독제는 없으며, 혈액 투석 및 혈액 관류는 효과가 적다.
⇒ 혈중으로 흡수된 톨루엔에 의해 저칼륨혈증 또는 저칼슘혈증이 발생 할 수 있고, 이로 인해 심실세동 및 부정맥 등이 발생 할 수 있다.
⇒ 저칼륨혈증 또는 저칼슘혈증 발현시 이를 교정하기 전에는 중탄산염나트륨(sodium

bicarbonate) 치료를 하지 않는다.

(7) 기타 처치는 일반 화상환자에 준하여 실시한다.

(8) 심한 흡입 노출에 의한 호흡곤란 증상이 있거나, 섭취에 의한 중추신경계 저하 증상이 있는 경우 입원치료를 고려해야 한다.

⇒ 입원환자는 신부전, 뇌손상, 부정맥 등의 징후를 잘 관찰하여야 한다.

⇒ 많은 양을 섭취한 경우 흡인성 폐렴 또는 급성 관 괴사성 신부전이 발생할 수 있으므로 중환자실에 입원하여 관찰해야 한다.

⇒ 심한 흡입 노출시 또한 지연성 폐부종 등에 의한 호흡곤란이 발생할 수 있으므로 중환자실에 입원하여 관찰해야 한다.

(9) 무증상 환자는 6~12시간 동안 관찰해야 한다.

⇒ 이 기간 동안 증상이 나타나지 않을 경우 퇴원시킨다.

⇒ 환자에게 증상이 발생하면 즉시 병원 치료를 받을 것을 교육한 후 퇴원시킨다.

(톨루엔 환자정보 시트 참조)

[호흡기 노출 환자의 처치]

(1) 톨루엔 가스를 대량으로 흡입한 경우 반복 흉부방사선 검사, 맥박 산소 측정 또는 동맥혈 가스 검사, 폐기능 검사, 필요시 폐 CT 검사 등으로 모니터링 한다.

(2) 호흡기 증상을 보이는 환자는 마스크를 통해 산소를 공급해야 한다.

⇒ 기관지 연축을 보이는 환자는 분무형 기관지 확장제로 치료한다.

⇒ ventolin sol 2.5~5mg(0.5~1cc) + N/S => 3~4cc nebulizer q20min(2~3회 반복) or 10~15mg(2~3cc) + N/S => 100cc nebulizer for 1hr

<주의>

⇒ sympathomimetic agents such as epinephrine and isoproterenol나 catecholamines은 치명적 부정맥을 유발할 수 있어 피한다.

⇒ 분무형 기관지 확장제로 임상적 보고는 다소 부족하지만 beta-2 agonists가 추천되고, 사용전에 심근의 상태를 고려해야 한다.

(흡입 노출로 인해 흉통, 가슴 압박감, 기침 등의 증상을 보이는 경우 지연성 기관지염, 흡입성 폐렴, 폐부종, 호흡 부전이 발생할 수 있으므로 6~12 시간동안 주기적으로 검사하며 관찰해야 한다.)

[소화기 노출 환자(음독) 처치]

(1) 톨루엔을 섭취한 경우 구토를 유발하지 않는다.

(2) 대량 섭취한 경우에는 섭취 후 30분 이내에 환자의 상태가 평가되면 위세척과 소화기 계의 부식성 손상 정도를 평가하기 위한 내시경시행을 고려한다.

⇒ 위관을 삽입할 경우에는 화학 손상을 입은 식도와 위에 추가 손상을 일으킬 수 있으므로 주의한다. 극심한 목 부위의 부종이 있는 경우 기관삽관 또는 윤상 갑상절개술이 필요 할 수 있다.

(소아는 부식성 물질을 대량 섭취하지 못하고 비위관 삽관은 천공의 위험이 높기 때문에 내시경을 이용한 비위관 삽관이 시행되지 않은 경우에는 위세척을 시행하면 안 된다.)

(독성 구토물 또는 위세정액은 세척 튜브를 벽 흡인기 또는 밀폐 용기에 연결하여 격리 되도록 해야 한다.)

(3) 위 세척은 부식성 물질을 제거하고, 내시경 검사 준비를 위해 특정 상황에서 유용 할 수 있다.

⇒ 위 세척을 고려해야 할 경우 (1) 많은 용량을 섭취하였을 경우 (2) 환자의 상태가 30분 이내에 평가된 경우 (3) 환자의 구강에 병변이 있거나 지속적인 식도 불편감을 호소할 경우 (4) 섭취 후 1 시간 이내인 경우

(독성 구토물 또는 위 세정액은 밀폐 용기에 세척 튜브를 연결하여 격리되도록 해야 한다)

(4) 톨루엔을 섭취한 경우 활성탄(activated charcoal) 투여의 효과는 제한적이나 일부 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

[환자가 의식이 있고, 증상이 없으며, 구역 반사가 있는 경우]

⇒ 활성탄(activated charcoal)을 1g/kg (보통 성인은 60~90 g, 소아는 25~50 g) 투여하면 도움이 될 수 있다.

⇒ 소아인 경우 소다수와 빨대를 활용하면 활성탄(activated charcoal) 투여에 도움이 될 수 있다.

[눈 노출 환자의 처치]

(1) NS로 15분 이상의 충분한 시간으로 irrigation

⇒ 시력을 측정하고 각막 손상에 대해 검사를 시행하고, 적절히 치료한다.

⇒ 심각한 각막손상을 보이는 환자는 즉시 안과 의사에게 협진을 의뢰한다.

⇒ 각막 손상이 확인된 환자는 24시간 이내에 재검사를 시행한다.

사. 상급기관 전원 지침

- (1) 임상진찰 결과 심각한 수준으로 노출되었거나, 간 장애, 피부장애, 호흡기장애, 심장장애, 중추신경계장애, 신장장애, 안장애 등이 있는 환자는 상급기관으로 전원의뢰 한다.
- (2) 음독했거나 피부나 눈, 인후두 부위에 직접 과량의 톨루엔에 접촉한 병력이 있는 환자는 상급기관으로 전원의뢰 한다.
==> 지연 효과를 파악하기 위해 외래에서 최소 4시간에서 6시간 이상 경과 관찰을 해야 한다.
==> 지연 효과를 파악하기 위해 모든 환자는 24시간 이내에 증상에 관한 문진 및 흉부방사선 검사, 심전도 검사, 소변, 혈액 검사를 재차 받아야 하며 각막 손상 환자들은 24시간 이내에 안과 외래 재진을 받아야 한다.
- (3) 상급기관 전원 사유
==> 톨루엔 노출에 의한 화상, 폐손상, 중추신경계 손상, 부정맥, 심실세동, 신부전, 혈청 전해질 이상 등의 증상이 발생한 경우 보다 적극적인 조치를 위해서이다.

아. 외래진료 및 추적관찰 지침

- (1) 노출이 의심되어 의료기관을 방문한 모든 환자는 노출평가 설문조사와 기본적인 문진, 이학적 검사, 임상적 검사를 시행한다.
 - (2) 짧은 시간의 호흡기 노출이고 무증상인 환자인 경우, 1시간 이상 증상 발현 여부 관찰 후 증상이 없으면 연락처를 남기고, 환자용 물질정보 시트와 증상 발현시를 대비한 의학적 후속조치 안내 지침서를 받아서 귀가 할 수 있다.
 - (3) 노출 후에 최소 4시간에서 6시간 동안 무증상인 환자들 또한 환자용 물질정보 시트와 추후 증상 발현시를 대비한 의학적 후속조치에 관한 지침서를 받고 귀가하도록 한다.
 - (4) 노출이 의심되어 진료를 받은 모든 환자들은 반드시 24시간 후 다시 진료하고 자각증상에 관해 문진 및 혈액, 소변검사, 흉부방사선 추적검사 등을 시행한다.
-

- (5) 24시간 지연되어서 발현되는 증상이 있다면 필요에 따라 추가적 검사와 추적 흉부방사선 검사를 시행할 수 있다.
- (6) 대부분의 화학물질 노출에 따른 지연 증상은 48시간 이내에 발현된다.
- (7) 48시간 경과 이후에도 추가적인 발현 증상이 없다면, 이후부터는 대증적 치료를 시행한다.

자. 건강영향조사를 위한 참고사항

- (1) 설문조사 및 외래진료 결과, 진료 의료인은 화학사고 노출과의 관련성에 대해 (관련있음/관련없음) 등으로 판정하여 의견을 기술한다.
 - ※ “관련 있음”으로 판정된 환자는 별도의 명단 작성하여 관리하도록 한다.
- (2) 추후 시행 가능한 건강영향조사를 대비하여 생물학적 노출지표 검사용 소변을 40~60mL정도 수집하여 튜브에 날짜, 채취시간, 이름(연번) 표기하고 -20℃에서 냉동보관한다. (추후 건강영향조사단에서 수거 또는 폐기 안내예정)
- (3) 건강영향조사단의 특별한 지시가 없을 경우에는 소변 시료만 채취한다.

차. 환자용 물질정보 시트

※ 이 유인물은 톨루엔 증기 또는 톨루엔 용액에 노출된 사람들에게 필요한 정보 및 후속조치에 관한 정보의 제공을 목적으로 합니다.

1. 톨루엔은 무엇입니까?

톨루엔은 달콤한 냄새가 나는 무색의 투명한 액체이며, 가연성의 액체로 원유에서 얻어지고 다양한 산업 분야에서 사용됩니다. 페인트, 신나 및 접착제 등의 제조에 일반적으로 사용되는 용매이고, 가솔린에도 소량 함유되어 있습니다.

2. 톨루엔 노출에 의해 즉시 발생될 수 있는 건강상의 영향은 무엇입니까?

톨루엔 증기의 소량 흡인은 가벼운 두통, 현기증, 졸음, 또는 구토 등을 유발 할 수 있습니다. 더 심각한 노출인 경우에는 졸림증, 말더듬, 불규칙 심장 박동, 실신 또는 사망의 원인이 될 수 있습니다. 톨루엔 증기는 중증도의 피부, 눈, 폐 자극증상을 유발합니다. 액체상태의 톨루엔에 피부 접촉이 있었다면, 자극 및 발진 증상이 발생할 수 있습니다. 눈 부위 노출시 눈에 손상을 줄 수 있습니다. 일반적으로 더 심한 노출일수록 더 심한 손상을 유발합니다.

3. 톨루엔 노출에 의한 증상은 치료 될 수 있습니까?

톨루엔은 해독제가 없지만, 효과적으로 치료를 받았던 대다수의 노출자들은 치료 후 경과가 좋았습니다. 심한 증상이 나타나는 환자는 입원치료가 필요합니다.

4. 향후 장기간 건강상의 영향이 발생할 수 있습니까?

단일 소량 노출에 의해 발생한 증상이 빠르게 회복된 사람들은 증상이 지연되어 발생하거나 장기간 인체에 영향을 일으킬 가능성은 거의 없습니다. 톨루엔에 비교적 심하게 노출된 경우에는 몇 일 동안 증상이 없다가 지연되어 증상이 나타날 수도 있습니다. 톨루엔의 반복적인 노출은 뇌, 근육, 심장, 신장에 영구적인 손상을 일으킬 수 있습니다.

5. 톨루엔에 노출된 사람에게 어떤 검사를 할 수 있습니까?

톨루엔에 노출 시 혈액이나 소변 내 톨루엔의 존재에 대한 검사는 일반적으로 의사에게 유용하지 않습니다. 다만 톨루엔 농도가 높은 경우, 톨루엔의 분해 생성물인 마뇨산(Hippuric acid)을 소변에서 측정할 수 있습니다. 심각한 노출이 발생한 경우에는 혈액 검사, 소변검사 등이 뇌, 심장 또는 신장의 손상 여부를 판단하는데 도움을 줄 수 있습니다. 모든 노출환자에서 검사가 필요한 것은 아닙니다.

6. 톨루엔에 대한 보다 자세한 정보는 어디에서 얻을 수 있습니까?

화학물질안전원 화학물질 안전관리 정보시스템에서 더 많은 정보를 얻을 수 있습니다.

카. 환자용 후속지침

아래 내용을 읽어보시고, 다음 진료예약 확인 및 표기된 지침을 따르십시오.

24시간 이내에 특이증상 또는 징후가 발현되는 경우 응급실 또는 예약의사에게 전화문의 바랍니다.

※ 특히 아래의 증상인 경우 :

- ▶ 피로, 두통, 현기증, 경련 또는 발작
- ▶ 기침, 호흡 곤란, 짧아진 호흡 또는 천명음(호흡시 "쌉쌉" 거리는 소리)
- ▶ 가슴 통증 또는 압박감
- ▶ 노출된 눈 부위의 통증 및 분비물 증가
- ▶ 피부화상 부위의 통증 및 피부 변화, 분비물 증가
- ▶ 발열

[] 위에 기술된 증상이 발현되지 않는다면 추후 진료예약은 필요하지 않습니다.

[] 필요시 전화문의 약속, 예약 의사 : _____ 전화번호 : _____

☎ 의사에게 전화문의 시 (_____) 응급실에서 치료를 받았고, (_____) 일 재진 예약이 되어 있다고 말씀하십시오.

[] 추후 추적검사 및 진료를 위한 진료예약

(_____) 응급실 / 클리닉, (_____)월/(_____)일, AM/PM (_____)

[] 1~2일은 격렬한 신체 활동을 하지 마세요.

[] 운전 및 기계 작동을 포함한 일상적인 활동에는 제한이 없습니다.

[] (_____) 일 동안은 업무에 복귀하지 마십시오.

[] 당신은 조건부로 업무에 복귀 가능합니다. 아래의 지침을 참조하십시오.

[] 적어도 72시간 이상 담배연기에 노출되어서는 안됩니다; 담배연기가 폐의 상태를 악화시킬 수 있음.

[] 적어도 24시간 이상 술을 마셔서는 안됩니다; 술이 위장 및 다른 손상 부위를 악화시키거나 회복을 지연시킬 수 있음.

[] 다음과 같은 약물은 복용하지 마십시오 : _____

[] 기존에 처방받은 다음의 약물들은 계속해서 복용 가능합니다. : _____

다음과 같은 인터넷 웹 사이트 “화학물질안전원 화학물질 안전관리정보시스템”나 “유해가스노출 환경보건센터”에서 화학 물질에 대한 자세한 정보를 얻을 수 있습니다.

환자 서명 : _____ 날짜 : _____

의사 서명 : _____ 날짜 : _____