

수산화나트륨

가. 화학물질 정보

(1) 동의어

소다 알칼리액(SODA LYE), 나트륨 수화물(SODIUM HYDRATE), Caustic Soda, Solid, Caustic soda, anhydrous, Sodium hydroxide solid

(2) 물리·화학적 성질

- CAS번호 : 1310-73-2
- 분자식 : NaOH
- 분자량 : 40
- 물리적 상태 : 고체
- 색상 : 흰색
- 녹는점 : 318 °C
- 끓는점 : 1388 °C 1
- 증기압 : 55 hPa
- 밀도 : 2.13 g/cm³
- 용해도 : 물(1 g/0.9 mL), 끓는물(1 g/0.3 mL), 메탄올(1 g/4.2 mL), 글리세롤에 녹으나 아세톤, 에테르에는 녹지 않음.
- 수용해도 : 520 g/L

(3) 발생원 및 용도

- 수산화나트륨(NaOH)은 물에 녹아 강염기성 수용액을 만든다.
- 이산화탄소를 잘 흡수하여 탄산염을 만든다.
- 물, 메틸알코올, 글리세린, 에틸알코올에 잘 녹으며, 산과 반응하여 염을 만든다.
- 강철로 만든 재질은 전해조 유출수와 65°C에서 8-12% NaOH 를 50°C에서는 좀 더 높은 농도의 NaOH를 취급할 수 있다.
- Al, ZN, SN, CU로 만든 재질은 가성소다에 의해서 급격하게 침식 되므로 사용을 피한다.
- 순수한 수산화나트륨은 흰색 고체이다. 대기 중에서 수증기와 이산화탄소를 흡수한다. 온도에 무관하게 물에 잘 녹는다. 수산화칼륨은 잘 녹지 않는 에탄올과 메탄올에도 수산화나트륨은 녹는다. 에테르나 다른 무극성 용매에는 녹일 수 없다.
- 수산화나트륨 수용액은 섬유와 종이에 노란색 얼룩을 남긴다.

(4) 주로 노출되는 공정

- 제지, 방직, 식음료, 비누 등의 산업에서 널리 사용된다.
- 화학 실험에서 가장 널리 사용되는 염기이다.
- 화성, 금속, 세제의 원료, 바이오디젤 생산

나. 임상적 물질정보

(1) 흡수 및 대사

- **흡수** : 수산화나트륨(NaOH)과 같은 알칼리는 피부에 서서히 스며든다(Dreisbach 1977).
- **대사** : 피부의 각질 물질은 pH 9.2 이상의 수산화나트륨에서 급속히 분해된다. 세척한 인간 체모와 손톱의 분주량을 다양한 양의 수산화나트륨 용제와 혼합한 후 생산된 시스틴을 계산하여 각질 분해 정도를 측정한 결과, 인간 체모 또는 손톱의 각질 혼합물 내 시스틴 부분은 S-S 결합의 수산화나트륨에 의해 쉽게 분리되었다. 0.1N 또는 0.25N 의 수산화나트륨에의 20시간 접촉 후 손톱 각질의 61.4% 및 97.6%가 각각 분해되었다. 희석된 수산화나트륨 용제라 하더라도 장시간 접촉에 의해 심한 수준의 조직 파괴가 발생할 수 있다(NIOSH 1975).
- **배설** : 수산화나트륨 과다성 농도의 위 손상 영향은 파라세타몰에 의해 급격하게 감소했다. 파라세타몰은 위벽에 있는 프로스타글란딘의 생합성을 자극하여 보호할 수 있다 (Van Kolfshoten 1983).

(2) 표적장기별 건강장해

1) 급성 건강영향

i. 소화기계 급성독성

- 섭취할 경우 소화관에 심한 영구적인 손상을 야기할 수 있음.
- 위장관 화상을 야기함.
- 소화관의 천공을 유발할 수 있음.
- 심각한 통증, 구역질, 구토, 설사, 그리고 충격을 유발함.
- 부식과 식도와 소화관의 영구적인 조직의 파괴가 유발될 수 있음.
- 전신영향을 일으킬 수 있음.
- 알칼리성의 부식물을 섭취하면 입 주위 화상, 궤양 및 점막 부기, 과다 침분비, 언어 또는 침삼킴 장애가 관찰됨.

- 식도와 위는 타는 듯한 통증을 겪음; 구토와 설사가 바로 동반됨.
- 후두개가 부어 호흡장애와 질식이 생길 수 있으며; 쇼크가 일어날 수 있음.
- 식도, 위, 혹은 위 판막 의 좁아짐이 즉시 발생할 수 있거나, 많은 지연발생(수주 ~ 수년) 극심한 노출로 식도 또는 위장에 천공이 생길 수 있으며 가슴 또는 복강으로 전염될 수 있으며 흉격 통증, 복부경직 및 발열이 있음.
- 위의 모든 사항이 사망을 야기할 수 있음.
- 사고로 섭취한 경우는 건강에 손상을 줄 수 있음.

※ 개에게 가성소다를 바륨 먹이에 혼합하여 투여한 후 투시검사로 이 액체 물질의 위장관 진행을 추적했다. 뼈의 공동부터 소화관까지 추적했으며 유문경련이 유발된 부위에서 부식성 물질이 막혔다. 이것이 가장 심한 괴사 손상이 일어난 부위라는 것이 부검에서 확인되었다. 후속검사에서 잿물을 먹은 긴장한 개에서 출혈성 위염이 발생한 것이 확인되었다 (Gosselin 1984).

※ 랫트에 1 ml 0.2 M NaOH 를 위장 내 투여하였더니 위저부의 점막 손상이 발생했다. 대조군 그룹에는 1 ml 의 식염 용제가 투여됐다. 1 시간 후 동물은 사망했고 그 수와 병변인 위궤양의 중증도가 기록되었다. 위저 점막은 절개되고 냉동되어 방사 면역 측정법으로 주기적 일인산 아데노신의 조직 농도가 계산되는 동안 삼인산 아데노신(ATP), 이인산 아데노신(ADP), 일인산 아데노신 (AMP) 및 젖산이 효소를 사용하여 분석되었다. 다음이 밝혀졌다 (1) 괴사성 제제를 투여한 모든 그룹에서 위 병변(궤양)의 발병 수와 중증도가 심각하게 증가했다. (2) 아데닐 사이클라아제에 의한 cAMP 로의 ATP 변환과 포스포디에스트라제에 의한 AMP 로의 cAMP 변환이 감소한 반면 ADP 로의 ATP 분해 정도는 상당히 증가했다.

※ (1) 점막 손상은 저산소혈증의 결과가 아닌 ADP 로의 ATP 변환이 명기할 만큼 상당히 증가하면서 랫드 위저 점막의 매우 활성적인 대사 적응 결과로 나타났다.

(2) 점막 손상이 발생함에 따라 막 결합 ATP 의존성 에너지 시스템 사이의 피드백 기전 시스템이 파괴되고 cAMP 로의 ATP 변환이 상당히 감소되는 주 변화, 그리고 막 결합 ATP 의존성 에너지 시스템의 신경, 호르몬 및 약물학적 영향에 의한 상당한 변화(Moron 1983).

※ 섭취로 입의 화상 감각, 입술, 입, 혀, 인두 및 중증의 식도의 부식과 복통, 피와 큰 덩어리 점막이 섞인 구토 그리고 피가 섞인 설사가 유발될 수 있다. 목의 부종으로 인해 질식이 일어날 수 있다.

종격염, 알칼리혈증, 창백, 쇠약, 더딘 맥박, 심근 허탈, 쇼크, 혼수 및 사망이 발생할 수 있다. 소화관 천공과 위축성 흉터가 발생할 수 있다. 수주, 수개월 또는 수년 후에도 음식

을 삼키기 어렵게 하는 식도 협착증이 발생할 수 있다. 성인 남성에게 치명적인 용량은 5 g 으로 추정된다. 섭취 후 12~42 년의 잠복기를 거친 식도의 편평 세포 암종 사례가 발생한 바 있다. 이들 암은 수산화나트륨의 직접적인 발암 작용의 결과라기보다는 조직 파괴와 흉터 형성의 후유증으로 생각된다.

ii. 피부 급성독성

- 피부 화상을 유발함.
- 피부에 깊은 침투성 궤양을 유발할 수 있음.
- 피부 발진(경증의 사례에서)을 일으키고, 청색증에 의한 차갑고 회색빛이 띄는 피부 또는 창백한 피부색을 유발시킬 수 있음.
- 피부에 직접 접촉하면, 심각한 화학적 화상을 유발시킬 수 있음.
- 직접적인 접촉 후 또는 시간이 경과된 후에, 중증도의 염증을 유발시킬 수 있음.
- 반복 노출은 홍반, 부어오름, 수포 등의 접촉성 피부염을 유발시킬 수 있음.
- 피부 접촉은 유해한 건강 영향을 유발시키지 않는 것으로 간주함(동물 모델을 이용한 EC Directives 분류 기준으로서); 이 물질은 상처, 외상, 찰과상을 입은 부분을 통해 침투되면 건강 손상을 유발시킬 수 있음.
- 알칼리성의 부식물과 접촉하면 심각한 통증과 화상을 입을 수 있음; 피부에 갈색의 얼룩이 생길 수 있음.
- 부식 부위는 연화, 젤라틴화 및 괴사될 수 있음; 조직 파괴가 심할 수 있음.
- 이물질을 베인 상처, 찰과상 또는 자극을 일으킨 피부에 노출시키지 말 것.
- 베임, 찰과상 또는 환부를 통하여 혈액 속에 들어갈 경우, 유해한 영향과 함께 전신 손상을 유발할 수 있음.
- 물질 사용에 앞서, 피부를 검사하고, 모든 외상으로부터 적절히 보호할 것.

※ 피부 접촉 시 즉각적인 통증이 없는 발적, 피부 화상, 피부 열창 및 백색 건조가피를 포함한 손상이 발생할 수 있다. 0.03 N (0.12%) 정도로 약한 용제에 1 시간 노출하니 건강한 피부 손상이 발생했다. 0.4~4%농도의 용제에서는 수 시간이 될 때까지 자극이 나타나지 않았다. 25~50%농도의 용제는 인간 피험자에게 3 분 이내 자극의 감작이 없었다. 1N 의 수산화나트륨을 15 분에서 180 분 동안 팔에 적용한 피험자의 피부 생검에서 각질층의 세포 용해부터 시작하여 점진적 부종을 거쳐 60 분 안에 전체 피부가 파괴되는 진행의 변화가 나타났다. 5% 수용성 용제를 4 시간 동안 토끼의 피부에 적용하니 중증의 피부 괴사가 발생했다. 알칼리는 피부에 서서히 스며든다.

손상 정도는 접촉 지속시간에 따라 달라진다. 피부에서 수산화나트륨을 제거하지 않으면 깊은 궤양을 동반한 중증의 화상이 발생할 수 있다. 분진 또는 연무에의 노출은 다발성 작은 화상과 일시적인 체모 상실이 발생할 수 있다. 알칼리성으로 인한 병리학적 소견에는 접촉

부위에서의 젤라틴 같은 과사 부위가 포함될 수 있다(OHS MSDS).

독성 반응의 수준 (1) 자극 또는 통증의 즉각적인 감각이 반드시 나타나는 것은 아니었다. (2) 일차적 자극성 피부염. (3) 일시적 체모 상실을 동반한 다발성 작은 화상. (4) 각질 물질의 악화. (5) 세포내 부종. (6) 중증 화상, 조직 부식 및 깊은 궤양(Environment Canada 1981).

iii. 눈, 귀, 호흡기계 급성독성

- 자극으로 인해 화학적 폐렴과 폐부종이 발생할 수 있음.
- 상기도에 기침, 화상, 호흡곤란, 혼수상태를 동반한 심각한 자극을 유발함.
- 호흡기도에 화학적 화상을 유발함.
- 흡입은 폐부종을 야기할 수 있음.
- 전신영향을 일으킬 수 있음.
- 이물질은 일부 사람들에게 호흡기 자극을 야기할 수 있음.
- 자극에 대한 신체 반응은 폐 손상의 원인이 될 수 있음.
- 부식성 염기를 흡입하면 호흡기도에 자극을 유발할 수 있음.
- 기침, 숨막힘, 동통, 점막의 손상등의 증상들을 유발함.
- 심각한 경우, 폐가 붓는 경우가 있는데, 때때로 하루정도 지연되어 나타날 수 있음.
- 저혈압, 목소리가 갈라지거나 맥박이 약해지고 빨라지는 증상 등이 있을 수 있음.
- 호흡기능 장애, 기도 질병, 폐기종 또는 만성기관지염 같은 증상이 있는 사람일 경우, 많은 양의 분진을 흡입하면 증상이 더 악화될 수 있음.
- 만약 순환계 또는 중추 신경계에 피해를 입었거나 신장 손상이 지속된다고 여겨지고 물질의 취급 과정에서 더 많은 양에 노출된다면 적절한 검사가 이루어져야 함.
- 눈 화상을 일으킴.
- 화학적 결막염 및 각막손상을 일으킬 수 있음.
- 이물질이 눈에 접촉하면 심한 눈 손상을 일으킬 수 있음.
- 부식성 염기와 직접적인 눈 접촉시 통증 및 화상을 일으킬 수 있음.
- 부어오름, 상피 파괴, 각막 혼탁 및 홍채 염증이 나타날 수 있음.
- 가벼운 경우는 종종 치유됨; 심한 경우는 지속적인 부어오름, 상흔, 영구적인 혼탁, 안구 돌출, 백내장, 눈꺼풀이 안구에 들러붙는 현상 및 실명과 같은 합병증과 함께 지속될 수 있음.
- 접촉되면 결막과 각막 상피의 붕괴 및 딱지 형성, 각막 혼탁화, 두드러진 부종 및 궤양이 발생할 수 있다.
- 7 또는 13일 후 점진적인 회복이 시작되거나 아니면 궤양과 각막 혼탁화의 진행이 있게 된다.

- 중증 눈 화상의 합병증에는 혈관화된 막에 의한 각막 과성장의 안구유착, 진행성 또는 재발성 각막 궤양, 및 영구한 각막 혼탁화가 있다. 실명할 수도 있다. (OHS MSDS)

독성 반응의 수준: 자극 결막염, 각막 화상, 광선공포증, 결막과 각막 상피의 붕괴와 딱지 형성, 각막 부종, 궤양 및 혼탁화, 안구유착, 혈관화된 막으로 인한 각막 과성장. 영구적 각막 혼탁화 (Environment Canada 1981).

분진 또는 연무 흡입으로 인한 영향은 2 mg/m^3 에서 코의 경미한 자극부터 노출에 따라 중증 폐렴까지 다양하다. 저농도는 인후통, 기침 및 호흡곤란을 동반한 점막 자극을 유발할 수 있다. 고농도 노출은 점막 파괴와 지연된 폐부종 또는 폐렴을 유발할 수 있다. 쇼크가 발생할 수도 있다.

2) 만성 건강영향

i. 소화기계 만성독성

- 농도에 따라 다르지만, 반복적으로 알칼리성 물질을 섭취하면 구강 점막에 염증성 및 궤양성 변화를 일으킬 수 있고 급성 섭취에서와 같은 영향을 일으킬 수 있다.
- 1.57 mg/kg 의 섭취로 식욕부진, 체온증가와 인체의 국소적 자극이 발생했다

ii. 피부 만성독성

- 영향은 노출 농도와 노출 지속시간에 따라 다르다.
- 피부염 또는 급성 노출과 유사한 영향이 일어날 수 있다.

iii. 눈, 귀, 호흡기계 만성독성

- 영향은 노출 농도와 노출 지속시간에 따라 다르다.
- 결막염 또는 급성 노출과 유사한 영향이 일어날 수 있다.
- 고농도의 분진이나 연무에의 장시간 노출은 불쾌감과 비강의 궤양을 유발할 수 있다.

※ 랫트에 대한 $5,000 \text{ mg/L}$ 농도의 반복 노출은 해가 없었지만 $10,000 \text{ mg/L}$ 은 신경질, 쓰러린 눈, 설사 및 성장 지연을 유발했다. 측정되지 않은 수산화나트륨 에어로졸에 일일 30 분간 노출된 랫트는 2-3개월 후 폐 손상이 나타났다. 수용성 수산화나트륨 40% 에어로졸에 3 주간 주 2 회 30 분간 노출된 랫트 10 마리 중 2 마리가 사망했다. 조직병리학적 검사에서 대부분의 정상적인 폐 조직에 확장된 폐포 중격 병소, 폐기종, 기관지 궤양, 및 확장된 림프관 조직이 나타났다. 30 년 또는 그 이상 만성적으로 가성 분진에 노출된 291 명의 작업자에 대한 역학조사에서 그러한 노출 기간 또는 노출 정도와 관련된 사망률은 유의할 정도로 증가하지 않았다.

iv. 독성기타

※ 수산화나트륨(25 mg/l 이상)에 만성적으로 노출된 구피에게서 생존율과 체중 증가율이 감소했고 성적 성숙이 지연되거나 조기에 이루어져 번식이 감소되었다(Rustamova 1977). 수용성 40% NaOH 용제로부터 생성된 농도가 알려지지 않은 공기 중 에어로졸에 주 2 회 노출된 27 마리의 흰색 랫트가 한달 이내에 대부분 기관지 폐렴으로 사망했다. 수용성 20% NaOH 용제로부터 생성된 에어로졸에 노출됐을 때 중격이 공동을 만들며(sic) 팽창하여 균열되었고 기관지가 팽창했으며 이의 상피 덮개는 얇아지고 표피탈락이 빈번하게 발생하였으며 하위 점막 조직의 가벼운 등근 세포의 침윤이 발생했다. 다른 랫트는 10%와 5%의 NaOH 용제에서 생성된 에어로졸에 노출되었다. 10% NaOH 의 에어로졸에 노출된 그룹에서 변화는 발생하지 않았다. 5% NaOH 의 에어로졸에 노출된 그룹에서 기관지 팽창, 점막의 경미한 변질, 및 기관지를 둘러싼 림프선종모양 조직의 층 두터워짐이 나타났다(NIOSH 1975).

3) 발암성

- 섭취 후 12 년에서 42 년의 잠복기를 거친 식도의 편평 세포 암종 사례가 발생한 바 있다.
- 이들 암은 수산화나트륨 자체의 직접적인 발암 작용보다는 조직 파괴와 흉터 형성 가능성의 후유증일 수 있었다(Mackison 1981).

i .돌연변이 자료

메뚜기에 20 mg 농도의 비경구 주사 후 세포유전 분석에서 양성으로 나타났다(Nucleus (Calcutta), 9,119,1966).

10 mmol/L 농도 투여에서 햄스터 폐 세포에 대한 세포유전 분석에서 양성반응이 나타났다(Cytobios, 55,167,1988).

6 mmol/L 농도의 햄스터 난소 세포에 대한 세포유전 분석에서 양성반응이 나타났다(Mutation Research, 225,55,1989).

발암성 등급분류 : 자료 없음

(3) 노출기준

1) OSHA

PEL-TWA ppm: NA; PEL-TWA mg/m³: 2; PEL-STEL ppm: NA; PEL-STEL mg/m³: NA; PELC

ppm: NA; PEL-C mg/m³: NA; Skin Notation: N; Notes: NA

2) NIOSH

REL-TWA ppm: NA; REL-TWA mg/m³: NA; REL-STEL ppm: NA; REL-STEL mg/m³: NA;

REL-C ppm: NA; REL-C mg/m³: 2; Skin Notation: N; Notes: NA; IDLH ppm: NA; IDLH

mg/m³: 10; IDLH Notes: NA

3) ACGIH

TLV-TWA ppm: NA; TLV-TWA mg/m³: NA; TLV-STEL ppm: NA; TLV-STEL mg/m³: NA;

TLV-C mg/m³: 2

(4) 생물학적 모니터링

1) 수산화나트륨 자체에 대한 혈액검사나 소변검사에 대한 자료는 없다.

2) 추후 시행 가능한 건강영향조사를 대비하여 소변 튜브에 날짜, 채취시간, 이름(연번) 표기하여 40~60mL 소변수집

=> -20°C에서 냉동보관(추후 건강영향조사시 수거예정)

(5) 참고문헌

1) www.nifds.go.kr/toxinfo/web/toxinfo

2) ncis.nier.go.kr/ncis

3) Bond GG et al; Am J Ind Med 7 (2): 123-39 (1985)

4) Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances, Academie des Sciences, 257,791 (1963)

5) Cytobios, 55,167 (1988)

6) Dreisbach, R. H. Handbook of Poisoning. 9th ed. Los Altos, California: Lange Medical Publications, p. 202(1977)

7) Environment Canada; Tech Info for Problem Spills: Sodium Hydroxide (Draft) p.81 (1981)

8) Gosselin, R.E., R.P. Smith, H.C. Hodge. Clinical Toxicology of Commercial Products. 5th ed. Baltimore: Williams and Wilkins, p. III-246 (1984)

9) Mackison, F. W., R. S. Stricoff, and L. J. Partridge, Jr. (eds.). NIOSH/OSHA - Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards. DHHS(NIOSH) Publication No. 81-123 (3 VOLS).

-
- 10) Washington, DC: U.S. Government Printing Office, p. 2 (1981)
 - 11) Moron F et al; Int J Tissue React 5(4): 357-362 (1983)
 - 12) Mutation Research, 225,55 (1989)
 - 13) NIOSH; Criteria Document: Sodium Hydroxide.
 - 14) Naunyn-Schmiedebergs Archiv fuer Experimentelle Pathologie und Pharmakologie, 184,587 (1937)
 - 15) Nucleus (Calcutta), 9,119 (1966)
 - 16) OHS MSDS, Symyx Technologies, Inc.
 - 17) Rustamiva SA; Gidrobiol Zh 13 (3): 96-9 (1977)
 - 18) Van Kolfshoten AA et al; Toxicol Appl Pharmacol 69 (1): 37-42 (1983)
 - 19) Vrednie chemichescie veshstva. Neorganicheskie soedinenia elementov I-IV groop (Hazardous substances. Inorganic substances containing I-IV group elements), Filov V.A., Chimia, p 37 (1998)
-

다. 주요 문진 항목

- 고형 수산화나트륨 또는 수산화나트륨 고농도 용액은 신체의 어느 부분과 접촉하더라도 즉시 통증을 유발한다.
- 저농도 용액을 접촉한 경우 몇 시간 동안 통증이 없을 수 있지만 빠르게 씻어내지 않을 경우 심각한 화상이 발생 할 수 있다.
- 피부의 넓은 면적에 수산화나트륨이 엇질러지거나, 수산화나트륨을 삼킨 경우 쇼크가 발생하거나 심지어 사망할 수도 있다.
- 수산화나트륨은 단백질을 분해하고 물에 용해되면 열을 발생한다.
- 눈과 같은 민감한 조직과 접촉한 경우에는 특히 위험하며 영구적인 손상이나 실명까지도 발생할 수 있다.
- 노출 후 48시간까지 손상이 진행 할 수 있다.
- 상기도 폐쇄나 천공, 쇼크가 발생할 수 있다.
- 심한 흡입 손상은 지속적인 쉼 목소리, 반응성 기도 기능이상 증후군(reactive airways dysfunction syndrome), 화학 또는 자극-유발형 천식을 일으킬 수 있다.

- ▶ 침 흘림 또는 삼킴 곤란
- ▶ 복통 또는 구토
- ▶ 기침, 쌉쌉거리는 숨소리 또는 쉼 목소리
- ▶ 호흡곤란, 짧은 호흡 또는 흉통
- ▶ 노출된 눈에서 통증이나 분비물이 증가하는 경우
- ▶ 피부 화상 부위에 발진이나 통증의 증가 또는 화농성 분비물이 발생하는 경우

(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 증상들은 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 검사 항목

- ※ 호흡기(특히 상기도)·눈·피부·비강·인두·구강·심장에 유의하여 진찰
- ※ 수산화나트륨에 노출이 의심된 모든 환자는 24시간 경과 후 호흡기, 심장, 피부, 눈, 비강, 인후두의 손상 등에 대해 추적관찰 하여야 한다.
- ※ 폐부종 등 호흡기계 손상 및 피부 손상의 발생은 노출 후 최대 48시간 이상 손상이 진행되어 나타날 수 있다.

※ 상기도 폐쇄나 천공, 쇼크가 발생할 수 있다.

※ 심한 흡입 손상은 지속적인 쉼 목소리, 반응성 기도 기능이상 증후군(reactive airways dysfunction syndrome), 화학 또는 자극-유발형 천식을 일으킬 수 있다.

(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 : 쉼목소리, 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, 항달

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)
- 5) Glucose, T.CHO, LDL, HDL, TG
- 6) 생물학적 노출지표 검사 : (-)
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
==> 호흡기 증상 호소 시 : PFT, HRCT, Pulse Oximetry, ABGA, CoHb
==> 가슴 압박감 등 심장관련 증상 호소시 : Cardiac Marker

바. 응급처치 지침

- (1) 대응 의료진들은 화학물질 개인보호구(예 : Tyvek 또는 Saranex 등) 또는 부틸 고무 재질의 앞치마, 여러 겹의 라텍스 장갑, 눈 보호 장비 등을 착용한다.

(수산화나트륨은 부식성이 매우 강하다.)

(2) 가능한 빨리 피부나 눈에 접촉된 수산화나트륨이나 용액을 세척하는 것이 매우 중요하다.

(3) 옷이나 피부, 체모에 묻어 있는 고형 물질은 즉시 제거한다. 환자의 옷은 신속히 제거하고, 흐르는 물로 최소 15분 이상 충분히 세척한다.

(어린이나 노인은 제염과정에서 저체온증을 방지하기 위해 담요나 워머를 사용한다)

(4) 눈 부위 노출 시에는 최소 30분 동안 물이나 생리 식염수로 씻어내야 한다.

⇒ 콘택트렌즈는 추가 손상 없이 쉽게 제거 가능할 경우 제거한다. 결막 낭의 산도(pH)가 7이 될 때까지 세척을 지속한다. 세척 후 2시간동안 매 30분마다 결막의 산도를 측정한다. 유착을 방지하기 위해 호마트로핀(homatropine)과 같은 산동성-안근마비 약물을 사용한다.

⇒ 눈 부위 노출 환자는 즉시 안과의사에게 협진을 의뢰한다. 각막, 결막, 공막 또는 눈꺼풀 손상이 있는 경우 24시간 이내에 다시 검사해야 한다.

(5) 충분히 오염제거가 된 후에는 기존의 A, B, C 평가와 조치를 한다.

혼수, 저혈압, 경련, 부정맥 등의 증상은 기존의 방식으로 치료한다.

⇒ 기도를 확보하고 호흡, 순환상태를 평가한다.

(수산화나트륨은 해독제가 없다.)

(6) 노출된 모든 환자는 CBC, glucose, electrolyte를 포함한 혈액검사를 시행한다.

⇒ 호흡기 증상이 있는 경우 흉부 방사선 검사와 맥박 산소포화도 또는 동맥혈 가스검사를 시행한다. 심각한 화상이나 천공의 증상이 있는 경우 신기능 검사와 혈액형 검사가 필요하다.

(수산화나트륨의 급성중독 진단은 부식성 손상의 증상에 기초하여 임상적으로 판단한다.)

(7) 삼킨 경우 구토를 유발해서는 안 된다. 활성탄이나 중화제를 투여해서도 안 된다.

⇒ 의식이 있고 삼킬 수 있는 경우에 물이나 우유 120~240ml를 경구로 투여한다.

⇒ 위관 삽입은 식도나 위에 추가 손상을 유발할 수 있으므로 내시경 하에서 시행해야 한다.

(입이나 구인두 부위에 화상이 관찰되지 않더라도 식도에 심각한 화상이 발생할 수 있고, 다량의 수산화나트륨을 섭취한 경우 쇼크가 발생 할 수 있다.)

(8) 위세척은 부식성 물질을 제거하고 내시경 검사 준비를 위해 특정 상황에서 유용할 수 있다.

- ⇒ 위세척을 고려해야 할 경우 (1) 많은 용량을 섭취한 경우 (2) 환자의 상태가 30분 이내 평가된 경우 (3) 환자가 구강 병변이 있거나 식도부위의 지속적인 불편감을 호소하는 경우 (4) 섭취 1 시간 이내인 경우
(독성 구토물 또는 위 세정액은 세척 튜브를 벽흡인기 또는 밀폐 용기에 연결하여 격리 되도록 해야 한다)
- (9) 수산화나트륨을 섭취한 경우 48시간 이내에 내시경 검사를 시행해야 한다.
⇒ 다량의 부식성 물질 섭취가 의심되는 모든 환자는 식도, 위, 소장의 손상 여부를 평가하고 치료 방향을 정하기 위해 조기에 내시경 검사를 해야 한다.
(수산화나트륨을 섭취한 경우 내시경 검사는 필수적이고 천공이 의심되는 경우 외과에 협진이 필요하다. 증상이나 징후만으로 손상정도를 정확히 알기 어렵다.)
⇒ 천공이 발생하지 않은 경우 10일에서 3주 사이에 추가 내시경 검사나 바륨 연하 검사를 고려한다.
⇒ 내시경 검사가 금기인 경우
(1) 환자의 상태가 불안정한 경우 (2) 상기도 부위에 문제가 있는 경우 (3) 천공의 증거가 있는 경우 (4) 48시간 이전에 섭취한 경우
- (10) 호흡기 증상이 있는 환자는 마스크로 산소를 투여한다.
⇒ 기관지 연축을 보이는 경우 분무형 기관지 확장제를 사용한다.
⇒ 협착음을 보이는 소아는 에피네프린 분무를 고려한다.
2.25% 에피네프린 0.25~0.75ml를 2.5cc 물에 희석한 용액으로 시행한다. 필요시 20분마다 반복한다.
- (11) 수산화나트륨에 노출된 피부는 24시간 동안 자주 물로 세척해야 한다.
⇒ 중화제를 사용해서는 안 된다.
수액치료는 열화상과 같은 방법으로 시행한다.
(수산화나트륨에 의한 심도 화상은 초기 24~48시간 이내에는 정확히 알기 어렵고 과소 평가 될 수 있다.)
- (12) 심각한 피부 손상이 있는 경우 화상센터에 입원해야하며 다량을 섭취한 경우에는 중환자실에서 입원치료가 필요할 수 있다.
⇒ 입원을 고려해야 하는 경우 (1) 수산화나트륨을 섭취한 경우 (2) 눈이나 피부에 심한 화상이 있는 경우 (3) 많은 양에 흡입 노출된 경우
(천공의 징후가 있는 경우 응급수술이 필요할 수 있다.)

- (13) 노출 후 48시간까지 손상이 진행 할 수 있다. 상기도 폐쇄나 천공, 쇼크가 발생할 수 있다. 심한 흡입 손상은 지속적인 쉼 목소리, 반응성 기도 기능이상 증후군(reactive airways dysfunction syndrome), 화학 또는 자극-유발형 천식을 일으킬 수 있다.
- (14) 경미한 피부 노출이나 경도 또는 중등도의 호흡기 노출 후 6~12 시간동안 무증상인 환자는 퇴원할 수 있다. 환자에게 증상이 발생하면 즉시 병원 치료를 받을 것을 교육한 후 퇴원시킨다. (수산화나트륨 환자 후속지침 참조)

[중독 환자의 일반 처치]

- (1) CBC, glucose, electrolyte를 포함한 혈액검사를 시행
- (2) 호흡기 증상이 있는 경우 흉부 방사선 검사와 맥박 산소포화도 또는 동맥혈 가스검사를 시행
- (3) 혼수, 저혈압, 경련, 부정맥 등의 증상은 기존의 방식으로 치료한다. 수산화나트륨은 해독제가 없다.

[눈 노출 환자의 처치]

- (1) 결막낭의 산도(pH)가 7이 될 때까지 세척을 지속한다.
- (2) 세척 후 2시간 동안 매 30분마다 결막의 산도를 측정한다.

[소화기 노출 환자의 처치]

- (1) 구토를 유발하거나 활성탄이나 중화제를 투여해서는 안 된다.
- (2) 의식이 있고 삼킬 수 있는 경우 물이나 우유 120~240ml를 경구로 투여한다.
- (3) 위세척은 부식성 물질을 제거하고 내시경 검사 준비를 위해 특정 상황에서 유용할 수 있다
- (4) 다량의 부식성 물질 섭취가 의심되면 조기에 내시경 검사를 시행한다.

[피부 노출 환자의 처치]

- (1) 24시간 동안 자주 물로 세척해야 한다.
 - (2) 중화제를 사용해서는 안 된다.
 - (3) 수액치료는 열화상과 같은 방법으로 시행한다.
-

사. 상급기관 전원 지침

- (1) 임상진찰 결과 심각한 수준으로 노출되었거나, 호흡기계, 뇌·심혈관계 등의 허혈성 손상 소견이 있는 환자는 상급기관으로 전원의뢰 한다.
- (2) 음독했거나 피부나 눈, 인후두 부위에 직접 수산화나트륨에 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 흉부 방사선 검사, 심전도 검사, 소변, 혈액 검사를 재차 받아야 하며 각막 손상 환자들은 24시간 이내에 안과 외래 재진을 받아야 한다.
- (3) 상급기관 전원 사유
==> 수산화나트륨 노출에 의한 화상, 폐손상, 중추신경계 손상, 뇌·심혈관계 등의 허혈성 손상이 발생한 경우 추가적 조치를 위해서이다.

※ 수산화나트륨에 대한 해독제는 없다.

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 수산화나트륨에 노출된 사람들에게 필요한 정보 및 후속조치에 관한 정보의 제공을 목적으로 합니다.

1. 수산화나트륨이란 무엇입니까?

수산화나트륨은 공기 중에서 수증기를 흡수하는 백색의 고형물질이며, 물에 녹으면 많은 양의 열을 생산합니다. 고체 상태와 용액 모두 부식성이 매우 강하고 심각한 화상을 일으킬 수 있습니다. 수산화나트륨은 염기 화합물의 일종으로 산을 중화시키거나 산에 의해 중화될 수 있고 많은 양의 열을 발산합니다.

2. 수산화나트륨 노출에 의해 즉시 발생할 수 있는 건강상의 영향은 무엇입니까?

고형 수산화나트륨 또는 수산화나트륨 고농도 용액은 신체의 어느 부분과 접촉하더라도 즉시 통증을 유발합니다. 약한 용액을 접촉한 경우 몇 시간 동안 통증이 없을 수 있지만 빠르게 씻어내지 않을 경우 심각한 화상이 발생 할 수 있습니다. 피부의 넓은 면적에 수산화나트륨이 얹힐지거나 수산화나트륨을 삼킨 경우 쇼크가 발생하거나 심지어 사망할 수도 있습니다. 수산화나트륨은 단백질을 분해하고 물에 용해되면 열을 발생시킵니다. 눈과 같은 민감한 조직과 접촉한 경우에는 특히 위험하며 영구적인 손상이나 실명까지도 발생할 수 있습니다.

3. 수산화나트륨 노출에 의한 증상은 치료될 수 있습니까?

수산화나트륨은 해독제가 없지만 이로 인해 화상이나 쇼크가 발생한 경우 치료될 수 있으며, 심한 증상이 나타나는 환자는 입원치료가 필요합니다.

4. 향후 건강에 영향이 발생할 수 있습니까?

단일 소량 노출에 의해 발생한 증상이 빠르게 회복된 사람들은 증상이 자연되어 발생하거나 장기간 인체에 영향을 일으킬 가능성은 거의 없습니다. 피부에 발생한 광범위하고 심한 화상으로 인한 흉터는 추후 피부 이식이 필요할 수 있습니다. 눈에 심하게 노출된 경우 실명이 발생할 수 있습니다. 수산화나트륨 미립자를 흡입한 경우 영구적인 폐 손상이 발생할 수 있습니다. 수산화나트륨 용액을 삼킨 경우 입, 목, 식도에 영구적인 손상이 발생하여 연하장애를 일으킬 수 있습니다.

5. 수산화나트륨에 노출된 사람에게 어떤 검사를 할 수 있습니까?

수산화나트륨에 노출 시 혈액검사나 소변검사는 유용하지 않으나, 심각한 노출이 발생한 경우에는 혈액검사, 소변검사 등이 폐, 눈 또는 위 손상 여부를 판단하는데 도움을 줄 수 있습니다. 모든 노출환자에서 검사가 필요한 것은 아닙니다.

6. 수산화나트륨에 대한 보다 자세한 정보는 어디에서 얻을 수 있습니까?

화학물질안전원 화학물질 안전관리 정보시스템에서 조회하거나 유해가스노출 환경보건 센터로 연락하시기 바랍니다.

카. 환자용 후속지침

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

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

※ 특히 아래의 증상인 경우 :

- ▶ 침 흘림 또는 삼킴 곤란
- ▶ 복통 또는 구토
- ▶ 기침, 쌉쌉거리는 숨소리 또는 쉼 목소리
- ▶ 호흡곤란, 짧은 호흡 또는 흉통
- ▶ 노출된 눈에서 통증이나 분비물이 증가하는 경우
- ▶ 피부 화상 부위에 발진이나 통증의 증가 또는 화농성 분비물이 발생하는 경우

[] 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 안 됩니다; 담배연기가 폐의 상태를 악화시킬 수 있음.

[] 적어도 24시간 이상 술을 마셔서는 안 됩니다; 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 : _____