

1,3-부타디엔

1,3-BUTADIENE

—
발암 요인 보고서



1,3-부타디엔

1,3-BUTADIENE

발암 요인 보고서

KEY FINDINGS

- 국제암연구소 발암물질 분류에서 인간에게 발암성이 확인된 물질로 분류함(Group 1)
- 1,3-부타디엔의 주요 배출원은 제조 및 공정 시설, 자동차 배기가스, 다양한 연소 및 담배 연기 등으로 대기에 방출되며, 산업 도시 또는 유류 정제 시설, 화학물질 제조 공장 및 플라스틱과 고무 공장 주변에서 노출 농도가 높은 편인 것으로 알려져 있음
- 1,3-부타디엔은 직업적 환경을 통해 가장 많이 노출되며, 일반 인구집단에서 주요 노출원은 실내 공기를 통한 담배 연기 흡입으로 알려져 있음
- 백혈병 및 방광암 발생 위험이 있음

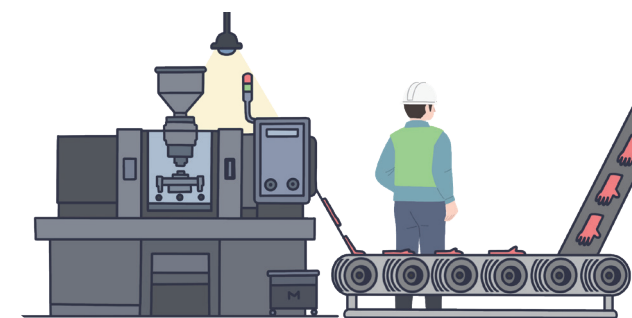
01 노출 현황

일반 인구집단에서의 노출

1,3-부타디엔은 자연적으로 생성되지 않는 것으로 알려져 있습니다. 주요 배출원은 제조 및 공정 시설, 자동차 배기가스, 다양한 연소 및 담배 연기 등으로 대기로 방출되며, 산업도시 또는 유류 정제 시설, 화학물질 제조 공장 및 플라스틱과 고무 공장 주변에서 노출 농도가 높은 편인 것으로 알려져 있습니다.



직업적 노출



1,3-부타디엔은 직업적 환경을 통해 가장 많이 노출되는 것으로 알려져 있습니다. 노출 가능성은 석유 정제 및 관련 작업(부타디엔을 함유한 C4 분획 생산, 가솔린 생산 및 유통), 정제 부타디엔 단량체 생산, 다양한 부타디엔 기반 고무 및 플라스틱 폴리머와 기타 파생물 생산, 타이어, 호스 및 다양한 성형 물체와 같은 고무 및 플라스틱 제품 제조와 같은 여러 산업 활동에서 존재합니다.

02 연구에서의 인체 발암성

국제보건기구 산하의 국제암연구소는 1,3-부타디엔을 인간에서 암을 일으키는 확실한 물질인 1군 발암물질로 분류하고 있습니다. 1,3-부타디엔에 노출되면서 발생할 수 있는 암에는 백혈병, 방광암 등이 있습니다.

03 노출 기준

- 환경부
 - 모든 배출시설 : 6ppm 이하
 - 설치허가 대상 특정대기유해물질 배출시설 적용기준 : 0.03ppm
- 고용노동부
 - 2ppm(4.4mg/m³) TWA
 - 10ppm(22mg/m³) STEL

04 노출 저감법

1,3-부타디엔은 가능한 한 작업장 내로 발산되지 않는 방법으로 작업해야 합니다. 1,3-부타디엔의 노출은 원유를 이용하여 이를 정련하는 석유 정제업체에서 시료채취를 하는 작업자, 품질관리팀에 분석자 등이 노출될 수 있으며, 합성수지와 합성고무 제품을 가지고 2차 제품을 생산하는 업종에 종사하는 작업자가 노출될 수 있습니다. 따라서 작업자는 지급된 보호구를 사업주 및 관리감독자 등의 지시에 따라 반드시 착용하며, 1,3-부타디엔에 의한 건강장해 예방을 위하여 사업주 및 관리감독자 등의 지시에 따르도록 해야합니다.



05 제언

1,3-부타디엔은 백혈병, 방광암을 일으키는 발암물질로, 직업적 환경을 통해 가장 많이 노출되는 것으로 알려져 있습니다. 일반 인구집단에서는 담배 연기가 실내 공기 중 1,3-부타디엔의 중요한 노출원이 될 수 있으며, 직업적 노출은 석유 정제 및 관련 작업, 정제 부타디엔 단량체 생산, 고무 및 플라스틱 제품 제조와 같은 여러 산업 활동에서 존재합니다. 또한 합성수지와 합성고무 제품을 가지고 2차 제품을 생산하는 업종에 종사하는 작업자(고무 타이어 제조 공장, 자동차 범포 사출)는 1,3-부타디엔에 노출될 수 있으므로, 1,3-부타디엔에 의한 건강장해 예방을 위하여 지급된 보호구를 반드시 착용하고, 사업주 및 관리감독자 등의 지시에 따르도록 합니다.

1,3 부타디엔

1,3 Butadiene

- [CAS¹⁾ 번호] 106-99-0
- 1,3-부타디엔은 자연적으로 생성되지 않는 것으로 알려짐. 합성고무와 폴리머 생산에 주로 사용되며 자동차, 건축 자재, 가전제품 부품, 컴퓨터 및 통신 장비, 보호복, 포장재 및 가정용품 등 다양한 산업 및 소비재에 사용됨.
- IARC(국제암연구소) 발암물질 분류에서 인간에게 발암성이 확인된 물질로 분류함(Group 1).
- 1,3-부타디엔에 대한 가장 높은 노출은 직업적 환경에서 발생함. 1,3-부타디엔을 취급하는 공정은 1,3-부타디엔 제조, 합성고무 또는 합성수지 제조공정, 정유업에서 에틸렌 제조 공정, 타이어 제조 시 고무혼합물의 혼합, 압연, 압출, 성형, 가류, 마감 등의 공정 등이 있음.
- 일반 인구집단에서는 실내 담배 연기가 실내 공기 중 1,3-부타디엔의 주요 노출원임.

물질명	CAS 번호	동의어	화학식
1,3-Butadiene	106-99-0	Buta-1,3-diene; Divinyl; Vinylethylene; Biethylene; Erythrene; Biviny; Pyrrolylene; Butadiene;	C ₄ H ₆

01 노출 현황

일반 인구집단에서의 환경적 노출

1,3-부타디엔은 자연적으로 생성되지 않는 것으로 알려져 있다. European Commission(2002)에 따르면 1,3-부타디엔의 주요 배출원은 제조 및 공정 시설, 자동차 배기가스, 다양한 연소 및 담배 연기 등으로 주로 대기로 방출되며, 산업도시 또는 유류 정제 시설, 화학물질 제조 공장 및 플라스틱과 고무 공장 주변에서 노출 농도가 비교적 높은 편인 것으로 알려져 있다. 또한 높은 농도는 도시 건축물 화재, 목재 및 덩불 화재, 담배 흡연, 차량 배기가스 및 가솔린 휘발과 같은 점오염원 근처에서는 농도가 높아질 수 있다(IARC, 2008). 특히 담배 연기는 실내 공기 중 1,3-부타디엔의 중요한 노출원이 될 수 있다(US EPA, 2002).



1) CAS : Chemical Abstract Service Register Number, 미국 화학회에서 운영하는 고유 숫자 식별자로 화학 구조나 조성이 확정된 화학물질에 부여된 고유 번호

직업적 노출

1,3-부타디엔은 직업적 환경을 통해 가장 많이 노출되는 것으로 알려져 있다. 노출 가능성은 석유 정제 및 관련 작업(부타디엔을 함유한 C4 분획 생산, 가솔린 생산 및 유통), 정제 부타디엔 단량체 생산, 다양한 부타디엔 기반 고무 및 플라스틱 폴리머와 기타 파생물 생산, 타이어, 호스 및 다양한 성형 물체와 같은 고무 및 플라스틱 제품 제조와 같은 여러 산업 활동에서 존재한다(IARC, 2012). 원유를 이용하여 1,3-부타디엔을 정련하는 석유정제업체에서 시료 채취를 하는 작업자, 품질관리팀의 분석자 등이 노출될 수 있다. 또한 합성수지와 합성고무 제품을 가지고 2차 제품을 생산하는 업종에 종사하는 작업자(예를 들어, 고무 타이어 제조 공장, 자동차 범퍼 사출(ABS 공정))가 노출될 수 있다(한국산업안전보건공단, 2020).



02 발암성

구분	분류
IARC(국제암연구소)	Group 1(인간에게 발암성이 확인된 물질)
NTP(미국 국립 독성 프로그램)	K(인간에게 발암성이 있는 것으로 알려진 물질)
USEPA(미국 환경청)	Group A(인간에게 발암성이 확인된 물질)
ACGIH(미국 산업위생전문가협회)	A2(인간에게 발암 가능성이 있는 물질)
EU ECHA(유럽 화학물질청)	Category 1A(인간에 대한 잠재적 발암성이 알려진 물질)
NITE(일본 국립기술평가원)	Category 1A(사람에게 암을 일으키는 것으로 알려진 물질)

1,3-부타디엔의 발암성에 관한 역학적 연구는 주로 부타디엔 단량체 산업과 스티렌-부타디엔 고무 산업에 종사하는 근로자 코호트에서 이루어져 왔는데, 가장 대표적인 코호트는 버밍엄 앨라배마 대학의 코호트 연구이다(Delzell et al., 1996, 2001). 미국 및 캐나다의 스티렌-부타디엔 고무 공장 8곳에서 일하는 17,000여 명의 근로자를 추적조사한 결과, 부타디엔 누적 노출량이 가장 많은 근로자에게서 백혈병 사망률이 증가한 것으로 나타났으며, 이는 유의한 양-반응 관계를

동물 실험에서 나타난 암 (IARC, 2012)



마우스(Mouse)

종류 실험결과

• B6C3F1 마우스(암컷/수컷)를 대상으로 0, 6.25, 20, 62.5, 200, 625ppm의 1,3-Butadiene을 군당 140마리 혹은 180마리에게 6시간/일, 5일/주, 2년간 흡입 노출하였다. 그 결과, 모든 노출군에서 대조군에 비해 현저히 낮은 생존율을 보였다. 림프종, 조직구 육종, 혈관육종, 전위 편평세포암, 하더샘종, 간암, 폐암 등 양성/악성 종양의 발병률이 암컷과 수컷 모두에서 통계적으로 유의하게 증가하였다. 또한 유선 선종과 난소의 양성/악성 과립막세포종이 암컷 개체에서 유의하게 증가하였다. 양성 및 악성 종양은 수컷에서 20ppm 이상, 암컷에서 6.25ppm 이상 농도에서 한 개 이상 부위에 발생했다. 림프구림프종은 23주차 조기에 나타났으며, 625ppm 노출군에서의 주된 사망 원인으로 확인되었다 (NTP, 1993).

보였다. 특히 이러한 백혈병 사망위험은 공장 설립 초창기에 임용되어 10년 이상 종사한 근로자들에게서 가장 높이 평가되었다. 이후 동일 산업에서 노출되는 다른 화학물질에 의한 교란(Bias) 영향이 제기되었으나, 부타디엔-백혈병 간의 양-반응 관계는 재분석한 결과에서도 유의성이 확인되었다(Delzell et al., 2006; Cheng et al., 2007). 최근 Sathiakumar 등(2021)의 연구에서 업데이트된 결과를 살펴보면, 고무 공장 근로자 21,087명을 1943년부터 2009년까지 추적한 결과, 부타디엔 노출이 증가함에 따라 백혈병 사망위험이 유의하게 증가했으며, 특히 연평균 누적 노출이 363.64ppm 이상일 경우 노출되지 않은 군보다 백혈병 사망위험이 2.53배(95% CI: 1.37-4.67) 높은 것으로 발표되었다.

부타디엔 단량체 산업 종사자에 대한 코호트 연구 결과에 의하면, 부타디엔 누적노출이 증가함에 따라 비호지킨 림프종 사망위험이 유의하게 증가한 것으로 나타났다(Ward et al., 1995, 1996; Divine & Hartman, 2001). 또한, Ward EM 등(1995)의 연구결과에 의하면, 제2차 세계대전 당시 1,3-부타디엔 산업 근로자들에게서 비호지킨 림프종 사망률이 유의하게 증가한 것으로 확인되었다.

부타디엔 노출은 방광암 발생에도 기여하는 것으로 나타났다(Sathiakumar, et al., 2021). 스티렌-부타디엔 고무공장 종사자 2만여명을 추적한 결과에 의하면, 부타디엔 누적노출이 가장 많은 그룹은 가장 적은 그룹에 비해 방광암 발생위험이 2.13배(95% CI, 1.03-4.41) 높은 것으로 밝혀졌으며, 유의한 양-반응 상관관계도 확인되었다.

Whitworth 등(2008)은 1999년 텍사스 남동부 886개 지역의 벤젠 및 부타디엔 농도와 1995년에서 2004년 사이 림프조혈계 암으로 진단된 어린이 977명의 지역 분포를 확인였다. 연령, 성별, 인종/민족 및 사회경제적 수준이 동일하다고 가정했을 때 대기 중 부타디엔 농도가 가장 높은 지역에 거주하는 어린이의 모든 종류의 백혈병과 급성 골수성 백혈병, 급성 림프구성 백혈병 발생위험은 농도가 가장 낮은 지역의 어린이보다 각각 1.4배(95% CI: 1.1-1.8), 1.7배(95% CI: 0.8-3.4), 1.3배(95% CI: 1.0-1.8) 높은 것으로 나타났다.

더불어 Symanski E 등(2016)은 1995년부터 2011년까지 텍사스에 거주하는 5세 미만 어린이를 대상으로 벤젠, 부타디엔, POM 등 공기 중 유해물질 노출과 급성 림프구성 백혈병 간의 연관성을 평가하기 위한 환자-대조군 연구를 수행하였다. 연구 결과에 의하면, 공기 중 1,3-부타디엔 노출 수준이 가장 높은 군의 소아 백혈병 발생위험은 가장 낮은 군에 비해 1.29배(95% CI: 1.08-1.52) 높은 것으로 나타났다.

03

기타 관련 자료

흡수, 분포, 대사 및 배설

01 흡수

1,3-부타디엔은 주로 호흡기를 통해서 흡수되며, 피부 접촉을 통해서도 흡수된다(KOSHA GUIDE, 2020). Bechtold et al.(1994)은 Butadiene 추출 공장에서 근무하는 작업자의 소변 내 대사체를 조사하였다. 작업자는 노출 패턴에 따라 저노출, 중노출, 고노출로 3개 그룹으로 세분했으며, 고노출 직원은 Butadiene의 8시간 평균 농도가 3~4ppm으로 측정된 영역에서 근무했다. 비노출 작업자로 이루어진 대조군에서 소변 내 1,2-dihydroxy-4-(N-acetyl-cysteinyl-S-) butane(I)의 평균 농도는 320 ng/mL였으며, 저노출, 중노출, 고노출 그룹에서는 각각 630, 1,390, 3,200 ng/mL로 측정되었다. 이 결과는 1,3-부타디엔이 인체의 전신 순환계로 흡수됨을 의미하는 결과이다.

02 분포

혈중 중성지질 수치에 따른 1,3-부타디엔의 체내동태 연구에서, 지방식이 이후 혈중 중성지질 수치가 증가한 대상자에서 1,3-부타디엔의 혈액공기분배계수가 약 20~40% 증가하는 것으로 나타났는데(Lin et al., 2002), 이는 1,3-부타디엔의 지방친화성을 나타내는 결과이다(국립환경과학원, 2022). 1,3-부타디엔의 노출된 근로자의 말초 혈액에서 1,2-에폭시-3-부텐과 헤모글로빈 분자의 N 말단 발린과의 결합하여 헤모글로빈 부가체를 만든다(KOSHA GUIDE, 2020).

03 대사

인체를 포함하여 대사 연구가 수행된 모든 동물 중에서 1,3-부타디엔은 동일한 대사 형태를 보이며 이를 통해 동일한 중간대사체를 생성하지만, 활성 대사체의 생성과 대사 속도의 경우에는 종간의 차이가 있는 것으로 보인다(Kirman et al., 2010).

04 배설

인체에서 1,3-부타디엔의 흡입 노출 이후 소변을 통해 배설되는 mercaptic acid의 97% 이상은 1,2-dihydroxybutyl mercapturic acid(DHBMA)이며, 이는 대부분의 EB가 EH pathway를 통해 가수분해된 후 배설됨을 의미한다(Kotapati et al., 2015).

유전독성
(변이 원성)

1,3-부타디엔은 다양한 대사 경로를 통해 유전 독성을 나타내는 물질로 변환되며, 이러한 물질들이 DNA 손상 및 암 발생에 기여할 수 있다. 1,3-부타디엔은 주로 간 마이크로 소م 시토크롬 P450 산화 효소에 의해 2개의 이중 결합 중 1개(1,2-에폭시-3-부텐의 생성) 또는 2개(1,2: 3,4-디에폭시 부탄의 생성)가 단계적으로 에폭시화되어 활성 대사산물인 에폭 사이드가 생성된다. 생성된 에폭사이드는 epoxide hydrolase(EH) 또는 glutathione S-transferase (GST)에 의해 에폭시 고리의 분열을 받아 해독되어 더욱 활성이 있는 에폭시 디올(3,4-epoxy-1,2-butanediol)이 생성될 수 있다(KOSHA GUIDE, 2020). 이렇게 생성된 에폭사이드는 DNA와 쉽게 반응하여 DNA 부가 물을 만들고, 유전 독성과 돌연변이성을 나타낸다(Chen W-Q et al., 2022).

1,3-부타디엔의 유전독성 효과는 대사의 주요 결정인자의 변화에 의해 조절될 수 있으며, 이는 개별 감수성 마커를 식별할 수 있음을 시사한다. 예를 들어, 기능적 mEH 유전자(마이크로소م 에폭사이드 가수분해효소(microsomal epoxide hydrolase))가 없는 마우스는 야생형 마우스보다 부타디엔 또는 디에폭시부탄의 돌연변이 효과에 더 민감했다(Wickliffe et al., 2003). 에폭시드 가수분해효소(Epoxide hydrolase) 활성은 사람마다 상당히 다르다. 저활성 EH 유전자형을 가진 부타디엔 노출 근로자는 더 흔한 EH 유전자형을 가진 개인보다 부타디엔 유도 유전독성 (림프구의 HPRT 돌연변이-변이 빈도로 평가)에 더 민감하다고 보고되었다(Abdel-Rahman et al., 2001, 2003). GSTM1 또는 GSTT1 다형성을 가진 개인에서 HPRT 돌연변이 또는 자매 염색분체교환(Sister Chromatid Exchange) 유도에 대한 유의한 효과는 관찰되지 않았다(Abdel-Rahman et al., 2001). 이러한 반응 차이는 이러한 중간체가 생성되는 조직에서 부타디엔 에폭시드의 해독에서 에폭시드 가수분해효소의 알려진 중요한 역할과 일치한다.

대조적으로, 다른 몇몇 분자 역학연구는 직업적 노출 수준에서 부타디엔이 HPRT 돌연변이 빈도 또는 염색체 변화에 영향을 미치지 않으며 유전형과 유의미한 연관성도 없다고 보고하였다(Zhang et al., 2004; Albertini et al., 2001, 2007; Lovreglio et al., 2006; Wickliffe et al., 2009). 이러한 연구 간의 불일치는 직장에서의 부타디엔 노출 수준의 차이, 다른 노출원(예: 담배 연기, 자동차 배기가스)에서 유래된 부타디엔이나 기타 유전독성 물질에 대한 노출의 영향, 그룹 규모 및 특정 유전형과 관련된 효소 활성 수준과 관련이 있을 수 있으므로 지속적인 연구가 필요하다.

04
노출 권고치

구분	기관	기준 수치	관련 내용
국외	미국 산업위생사협회 (ACGIH)	2ppm(4.4mg/m³) TLV-TWA	TLV(Threshold Limit Value) : 유해화학물질 허용 농도 - 근로자를 대상으로 작업장에서의 물리적, 화학적 노출에 대한 사전 예방적 생체지표를 제안하고 기준 수치는 제시, 이하 TLV TWA(Time-Weighted-Average) : 하루 8시간-주5일근무를 기준으로 노출 되었을때 해당 수준 미만이 안전한 1,3-부타디엔 농도, 이하 TWA
	미국 직업안전 건강관리청 (OSHA)	PEL-TWA 1ppm(2.21mg/m³) PEL-STEL 5ppm(11mg/m³)	PEL(Permissible exposure limit) : 허용 노출 한계. 작업환경 내 하루 8시간 공기중 1,3 부타디엔 노출 기준 STEL, Short-Term Exposure Limit : 15분 간의 시간가중평균값으로서 노출 농도가 시간가중평균값을 초과하고 단시간 노출값 이하인 경우에는 ① 1회 노출 지속시간이 15분 미만이어야 하고, ② 이러한 상태가 1일 4회 이하로 발생해야 하며, ③ 각 회의 간격은 60분 이상이어야 함

구분	기관	기준 수치	관련 내용
국외	미국 환경청 (EPA)	0.9ppb	흡입독성참고치(inhalation reference concentration (RfC))(IRIS 2012)
	캐나다	작업환경 노출기준 2ppm	TWA(Time-Weighted-Average) : 하루 8시간-주5일근무를 기준으로 노출되었을때 해당 수준 미만이 안전한 1,3-부타디엔 농도, 이하 TWA (Occupational Exposure Limits for Ontario Workplaces)
국내	환경부	모든 배출시설 : 6ppm 이하 설치허가 대상 특정대기유해물질 배출시설 적용기준: 0.03ppm	대기환경보전법 시행규칙
	고용노동부	2ppm(4.4mg/m³) TWA 10ppm(22mg/m³) STEL	TWA(Time-Weighted-Average) : 하루 8시간-주5일근무를 기준으로 노출되었을때 해당 수준 미만이 안전한 1,3-부타디엔 농도, 이하 TWA STEL, Short-Term Exposure Limit : 15분 간의 시간가중평균값으로서 노출 농도가 시간가중평균값을 초과하고 단시간 노출값 이하인 경우에는 ① 1회 노출 지속시간이 15분 미만이어야 하고, ② 이러한 상태가 1일 4회 이하로 발생해야 하며, ③ 각 회의 간격은 60분 이상이어야 함

05
보호 방법

1,3-부타디엔이 발생하는 작업공정에 대하여는 다음 내용을 포함하는 작업관리 방법을 마련하여 작업 근로자가 이에 따라 작업하도록 한다. 1,3-부타디엔을 취급하는 작업장의 사업주는 보기 쉬운 장소에 1,3-부타디엔이 인체에 미치는 영향, 취급상 주의사항, 착용하여야 할 보호구, 응급조치 및 긴급 방재요령을 게시한다. 1,3-부타디엔의 취급 업무에 종사하는 근로자는 전용의 작업복을 착용하도록 하며, 작업복과 개인 의복은 분리하여 보관한다. 1,3-부타디엔을 취급하는 장소에서는 음식물의 저장, 섭취, 흡연 등을 금지한다. 폐기물 및 청소 걸레 등은 지정된 밀폐 장소에 보관하고, 규정된 절차에 따라 처리한다. 1,3-부타디엔을 취급하는 작업장에는 손과 피부를 씻을 수 있는 세척 설비를 갖추어야 하며, 옷이나 피부에 부착되어 1,3-부타디엔이 다른 장소로 비산 전파되는 것을 방지하기 위하여 목욕 및 세탁 설비 등도 설치한다.

근로자 또한 다음의 사항을 준수하도록 한다. 1,3-부타디엔은 가능한 한 작업장 내로 발산되지 않는 방법으로 작업한다. 1,3-부타디엔에 노출되지 않도록 주의하면서 작업한다. 1,3-부타디엔의 노출은 원유를 이용하여 1,3-부타디엔을 정련하는 석유정제업체에서 시료채취를 하는 작업자, 품질관리팀에 분석자 등이 노출될 수 있으며, 합성수지와 합성고무 제품을 가지고 2차 제품을 생산하는 업체에 종사하는 작업자(예를 들어 고무 타이어 제조 공장, 자동차 범퍼 사출(ABS 공정)가 노출될 수 있다(한국산업안전보건공단, 2020). 지급된 보호구는 사업주 및 관리감독자 등의 지시에 따라 반드시 착용한다. 1,3-부타디엔에 의한 건강장해 예방을 위하여 사업주 및 관리감독자 등의 지시에 따른다(한국산업안전보건공단, 2020).

경피



- 주의 : 압축가스의 피부 노출은 피부의 냉각을 일으킬 수 있음.
- 동상 치료가 필요할 수 있음
- 환자를 오염물질로부터 격리할 것
- 오염된 옷을 제거하고 격리하는 동안 즉시 오염된 부위를 차가운 물로, 필요하다면 비누를 사용해 천천히 씻어낼 것
- 조심스럽게 깨끗하고 부드러운 타월로 말릴 것
- 염증이나 자극과 같은 증상이 없더라도 즉시 병원이나 중독관리센터에 전화할 것
- 의사의 권고가 있었다면, 치료를 위해 오염된 부위를 씻어 준 뒤 환자를 병원으로 이송할 준비를 할 것

흡입



- 즉시 오염된 지역에서 옮긴 후 신선한 공기로 호흡하게 할 것
- 기침이나 호흡 곤란, 입, 후두나 가슴이 타는 듯한 느낌 등의 증상이 없더라도, 즉시 의사를 호출하고, 환자를 병원으로 옮길 준비를 할 것
- 확인되지 않은 대기 조건에서 환자를 구조하는 경우 적절한 호흡 보호 장치를 제공할 것
- 자급식 공기호흡기 사용이 가능하다면 사용할 것

안구



- 우선, 환자의 콘택트렌즈 착용 여부를 확인하고 착용 시 제거할 것
- 환자의 눈을 물 또는 생리식염수로 20~30분간 씻어 주고, 그와 동시에 병원 또는 중독관리센터에 연락을 취할 것
- 의사의 지시 없이 환자의 눈에 연고, 오일 또는 다른 약물을 투여하지 말 것
- 홍반이나 자극과 같은 증상이 없더라도, 눈을 씻어 낸 후 즉시 병원으로 환자를 옮길 것

기타



- 이 물질은 발암물질로 알려져 있거나 의심되므로, 반드시 의사를 만나 장기적으로 건강에 미칠 수 있는 영향과 의학적 감시를 통해 잠재적인 권고사항에 대해 조언을 받을 것
- 의사는 특정 성분, 그 성분의 화학물, 물리화학적 특성 및 독성, 노출 수준, 노출 시간, 노출 경로를 조사할 것(NTP, 1992)

출처 | 환경부 화학물질안전원 화학물질종합정보시스템 화학안전정보

06

관계 법령

산업안전보건법 제104조(유해인자의 분류기준)에 의거하여 고용노동부 장관은 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 근로자에게 건강 장애를 일으키는 화학물질 및 물리적 인자 등(이하 유해인자)의 유해성·위험성 분류기준을 마련하여야 하며, 동법 제105조(유해인자의 유해성·위험성 평가 및 관리)에 의거하여 유해인자가 근로자의 건강에 미치는 유해성·위험성을 평가하고, 그 결과 등을 고려하여 유해성·위험성 수준별로 유해인자를 구분하여 관리하도록 하고 있다. 이에 따라 1,3-부타디엔을 일급 발암물질(A1)로 지정하고 있다.

산업재해보상보험법 시행령 제34조(업무상 질병의 인정기준) 제3항과 관련하여(별표 3), 1,3-부타디엔에 노출되어 발생한 백혈병은 직업성 암으로 인정되어 보상을 받을 수 있다.

환경부 화학물질안전원 고시'화학물질의 분류 및 표시 등에 관한 규정'에 따르면 1,3-부타디엔을 발암물질(1)로 분류하고 있다.

REFERENCES

- European Commission Joint Research Centre Institute for Health and Consumer Protection European Chemicals Bureau (ECB). (2002). *European Union risk assessment report: 1,3-butadiene. CAS No:106-99-0 EINECS NO:203-450-8* (1st Priority List Vol. 20). p.194
- IARC. (2008). *1,3-Butadiene, ethylene oxide and vinyl halides (vinyl fluoride, vinyl chloride and vinyl bromide). IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum*, 971-510. PMID: 20232717.
- U.S. EPA. (2002). *Health Assessment Of 1,3-Butadiene. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development*. National Center for Environmental Assessment, Washington Office, Washington, DC, EPA/600/P-98/001F.
- IARC. (1997). *Re-evaluation of some organic chemicals, hydrazine and hydrogen peroxide. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum*, 71, 1-315.
- 국립환경과학원. (2022). *등록화학물질 위해성평가(안) 1,3-부타디엔 (1,3-Butadiene) CAS No. 106-99-0*.
- 한국산업안전보건공단. (2020). *1,3-부타디엔 노출 근로자의 암 예방지침(KOSHA GUIDE, H-112-2020)*.
- Delzell E., Sathiakumar N., Hovinga M., Macaluso M., Julian J., Larson R., Cole P., Muir D. C. (1996). A follow-up study of synthetic rubber workers. *Toxicology*, 113, 82-189.
- Delzell E., Macaluso M., Sathiakumar N., Matthews R. (2001). Leukemia and exposure to 1,3-butadiene, styrene and dimethyldithiocarbamate among workers in the synthetic rubber industry. *Chem Biol Interact*, 135-136, 515-534.
- Delzell E., Sathiakumar N., Graff J., et al. (2006). An Updated Study of Mortality among North American Synthetic Rubber Industry Workers. Boston, MA: Health Effects Institute. 1-72.
- Cheng H., Sathiakumar N., Graff J., et al. (2007). 1,3-Butadiene and leukemia among synthetic rubber industry workers: exposure-response relationships. *Chem Biol Interact*, 166, 15-24.
- Sathiakumar N., Bolaji B. E., Brill I., et al. (2021). 1,3-Butadiene, styrene and lymphohaematopoietic cancers among North American synthetic rubber polymer workers: exposure-response analyses. *Occup Environ Med*, 78(12), 859-868.
- Ward E. M., Fajen J. M., Ruder A. M., Rinsky R. A., Halperin W. E., Fessler-Flesch C. A. (1995). Mortality study of workers in 1,3-butadiene production units identified from a chemical workers cohort. *Environ Health Perspect*, 103(6), 598-603.
- Sathiakumar N, Bolaji B, Brill I, et al. 1,3-Butadiene, styrene and selected outcomes among synthetic rubber polymer workers: Updated exposure-response analyses. *Chem Biol Interact*. 2021;347:109600.
- Whitworth K. W., Symanski E., Coker A. L. (2008). Childhood lymphohematopoietic cancer incidence and hazardous air pollutants in southeast Texas, 1995-2004. *Environ Health Perspect*, 116, 1576-1580.
- Chen W-Q, Zhang X-Y. 1,3-Butadiene: a ubiquitous environmental mutagen and its associations with diseases. *Genes and Environment*. 2022;44(1):3. doi: 10.1186/s41021-021-00233-y.
- Symanski E., Tee Lewis P. G., Chen T. Y., Chan W., Lai D., Ma X. (2016). Air toxics and early childhood acute lymphocytic leukemia in Texas, a population based case control study. *Environ Health*, 15(1), 70.
- National Toxicology Program. (1993). NTP toxicology and carcinogenesis studies of 1,3-Butadiene (CAS NO. 106-99-0) in B6C3F1 mice (inhalation studies). *Natl Toxicol Program Tech Rep Ser*, 434, 1-389
- National Toxicology Program. NTP toxicology and carcinogenesis studies of 1,3-Butadiene (CAS NO. 106-99-0) in B6C3F1 mice (inhalation studies). *Natl Toxicol Program Tech Rep Ser*. 1993;434:1-389
- Bechtold W. E., Strunk M. R., Chang I. Y., Ward J. B., Henderson R. F. (1994). Species differences in urinary butadiene metabolites: comparisons of metabolite ratios between mice, rats, and humans. *Toxicol appl pharmacol*, 127(1), 44-49.
- Lin Y. S., Smith T. J., Wypij D., Kelsey K. T., Sacks F. M. (2002). Association of the blood/air partition coefficient of 1, 3-butadiene with blood lipids and albumin. *Environ health perspect*, 110(2), 165-168.
- Kirman C. R., Albertini R. J., Sweeney L. M., Gargas M. L. (2010). 1, 3-Butadiene: I. Review of metabolism and the implications to human health risk assessment. *Crit rev toxicol*, 40(sup1), 1-11.
- Kotapati S., Esades A., Matter B., Le C., Tretyakova N. (2015). High throughput HPLC-ESI(-)MS/MS methodology for mercapturic acid metabolites of 1,3-butadiene: Biomarkers of exposure and bioactivation. *Chem Biol Interact*, 241, 23-31.
- Albertini R. J., Sram R. J., Vacek P. M., Lynch J., Rossner P., Nicklas J. A., Swenberg J. A. (2007). Molecular epidemiological studies in 1, 3-butadiene exposed Czech workers: female-male comparisons. *Chem Biol Interact*, 166(1-3), 63-77
- Wickliffe J. K., Ammenheuser M. M., Salazar J. J., et al. (2003). A model of sensitivity: 1,3-butadiene increases mutant frequencies and genomic damage in mice lacking a functional microsomal epoxide hydrolase gene. *Environ Mol Mutagen*, 42, 106-110.
- Abdel-Rahman S. Z., Ammenheuser M. M., Ward J. B. Jr. (2001). Human sensitivity to 1,3-butadiene: role of microsomal epoxide hydrolase polymorphisms. *Carcinogenesis*, 22, 415-423.
- Abdel-Rahman S. Z., El-Zein R. A., Ammenheuser M. M., et al. (2003). Variability in human sensitivity to 1,3-butadiene: Influence of the allelic variants of the microsomal epoxide hydrolase gene. *Environ Mol Mutagen*, 41, 140-146.
- Abdel-Rahman SZ, Ammenheuser MM, Ward JB Jr. Human sensitivity to 1,3-butadiene: role of microsomal epoxide hydrolase polymorphisms. *Carcinogenesis*. 2001;22:415-423.
- Zhang L, Hayes R. B., Guo W., et al. (2004). Lack of increased genetic damage in 1,3-butadiene-exposed Chinese workers studied in relation to EPHX1 and GST genotypes. *Mutat Res*, 558, 63-74.
- Albertini R. J., Sram R. J., Vacek P. M., et al. (2001). Biomarkers for assessing occupational exposures to 1,3-butadiene. *Chem Biol Interact*, 135-136, 429-453.
- Albertini RJ, Sram RJ, Vacek PM, et al. Molecular epidemiological studies in 1,3-butadiene exposed Czech workers: female-male comparisons. *Chem Biol Interact*. 2007;166:63-77.
- Lovreglio P., Bukvic N., Fustinoni S., et al. (2006). Lack of genotoxic effect in workers exposed to very low doses of 1,3-butadiene. *Arch Toxicol*, 80, 378-381.
- Wickliffe J. K., Ammenheuser M. M., Adler P. J., et al. (2009). Evaluation of frequencies of HPRT mutant lymphocytes in butadiene polymer workers in a Southeast Texas facility. *Environ Mol Mutagen*, 50, 82-87.
- 한국산업안전보건공단. (2023). 근로자건강진단 실무지침. 제3권 유해인자별 건강장해.

발암 요인 보고서 (1,3-부타디엔)

발간에 참여하신 분들

국립암센터 연구진

김병미 국립암센터 암예방사업부

최윤주 국립암센터 암예방사업부

김태월 국립암센터 암예방사업부

변아영 국립암센터 암예방사업부

영역별 참여 전문가

박은영 고려대학교

이철우 국립환경과학원

예신희 산업안전보건연구원

1,3-부타디엔

1,3-BUTADIENE

-
발암 요인 보고서