

연구활동종사자가 알아야 할 연구실 안전관리 기본II

- 실험·실습 전·후 안전관리 -



CONTENTS

1. 연구실 사고사례
2. 화학 안전
3. 전기 안전
4. 화재 안전
5. 기계 안전
6. 개인보호구



연구활동종사자가 알아야 할 연구실 안전관리 기본Ⅱ_ 실험·실습 전·후 안전관리

1. 연구실 사고사례



갑자기 파도가 밀려올까요?
병원을 찾으려면 늦는다!

Heinrich Law :
아차사고 300건 발생하고,
경 재해가 29건이 발생하며,
1건의 중대사고가 발생한다는 것 !!!



[출처: 대학환경안전협회 교육자료]

“괜찮겠지, 이쯤이야”가 만든 위험한 대한민국

5

1990년대 이후 대형사고



1974년 남양호 침몰사고 326명 사망,
1993년 서해 웨리호 침몰사고 292명 사망



1995년 대구지하철 가스 폭발사고,
101명 사망



1995년 삼풍백화점 붕괴사고,
502명 사망



1994년 성수대교 붕괴사고,
32명 사망



1994년 충주호 유람선
화재사고, 30명 사망



2003년 대구지하철
방화사고, 192명 사망



2014년 세월호 침몰사고,
304명 사망 실종



(실험동 폭발 : 3명 사망, 서울대, 1999)



(풍동실험실 폭발 : 1명 사망, KAIST, 2003)

- ▶ 원자력연구소 폭발(1명 사망, 2003)
- ▶ 항공대 시험비행 추락(2명 사망, 2004)
- ▶ 경상대 에테르 폭발(3명 부상, 2005)

[출처: 대학환경안전협회 교육자료]

시 약



잠재적 폭탄

전 기



화재 발생의
주요 원인

가 스



수소와 산소가
만났을 때

대피로



화재나면
어디로 대피하지

사고내용

- 오일베스를 이용하여 고온, 고압반응 실험을 하던 중 오일베스 안의 실드튜브가 터지면서 고온의 오일(200도)이 왼쪽 안면부 및 손등에 튀면서 발생한 화상사고(2도)

사고원인 및 문제점

- 튜브 용량이 80mL이고, 용매가 50g으로 용매인 액체가 기화되고 부피와 압력이 증가하면서 터짐
- 실드튜브를 검증되지 않은 제품으로 사용
- 보호구 미착용 및 반응기 안전차폐체 미 설치

안전대책

- 고온, 고압반응 연구개발활동 시 책임자와 사전안전성 검토
- 사전 위험성 고지(“연구 중”) 및 안전보호구 착용



[출처: KIRD]



질산통 폭발 사고

9

사고내용

- 질산보관 용기에 유기물 및 금속염이 혼입되어 발열반응에 의한 폭발사고 및 유독가스 확산



[출처: 대학환경안전협회 교육자료, KBS 2 위기탈출넘버원]



[출처: KIST 안전지침서]

[실험실 사고사례 제 2011-05호]

미국 예일대학교 공작실 협착 사망사고

Yale Student Killed In Freak Chemistry Lab Accident



A Yale University senior died last night during a freak accident in a chemistry lab. According to the New Haven Register, Michelle Dubaut was working on her senior thesis project when "her gut caught in a lathe, a piece of machinery that spins very quickly and it pulled her in," sources said. "The New Haven fire department responded to an emergency call at 2:33 a.m. and found Dubaut with no pulse."

Yale's University Secretary Linda Lohrman sent an e-mail to the Yale community. "By all reports, Michele was an exceptional young woman, an outstanding student and young scientist, a dear friend and a vibrant member of this community. We will find ways in the next day to gather to celebrate her life and grieve this loss."

The Yale Daily News reports, "As the police investigation gets underway, the Occupational Health and Safety Administration has opened an investigation into whether the lab is in compliance with federal safety regulations. OSHA spokesman Ted Fitzgerald said,

OSHA sent an investigator to the scene today, the investigation, Fitzgerald said, could last as little as a few weeks or as long as six months, but he added that it is too early to establish a timetable. Because both students and University employees use the machine shop, the incident falls under OSHA's jurisdiction, Fitzgerald said."



2011년 4월 13일, 미국 예일대학교 스테리링화학연구소 내 공작실에서 이 대학 소속 4학년 여학생이 고속 회전하는 방법을 이용, 나무를 갈거나 파내는 데 사용하는 선반으로 작업을 하던 중 사망하는 사고 발생

[출처: 대학환경안전협회 교육자료]

- 연구에 임할 때, 반드시 적합한 개인보호구를 착용하십니까?
- 연구실은 정리·정돈이 잘 되어있고 바닥은 안전에 문제가 없습니까?
- 연구활동 전, 연구에 대한 교육과 함께 안전에 대한 교육도 받으십니까?
- 연구실 내에 화학물질의 GHS-MSDS가 비치되어 있습니까?
- 경고표시, 안전수칙 등은 누구나 잘 볼 수 있도록 부착되어 있습니까?
- 혼자 단독으로 연구개발활동을 하고 있습니까?
- 필요 이상의 시약이나 재료를 보관 하거나 사용하지 않습니까?
- 연구장비가 통행에 지장을 주는 장소에 설치되어 있습니까?
- 사고 시 행동요령, 탈출방법을 잘 알고 있습니까?
- 화재경보기, 소화기, 비상샤워기 위치 및 사용방법을 잘 알고 있습니까?
- 연구실에서 최종 퇴실 시에 점검사항을 알고 있습니까?



- 연구실 내 금연, 음주 상태에서 출입 금지
- 연구실 음식물 반입 및 시약용 냉장고 음식물 보관 금지
- 연구실 내에서 긴 머리, 헐렁한 옷, 민소매 혹은 손등을 덮는 소매, 장신구, 하이힐, 슬리퍼 및 샌들, 과도한 얼굴 화장 금지
- 연구실에서 연구와 관련 없는 영상 기기의 시청이나 이어폰을 이용한 음향 청취 금지
- 연구실 내 외부 인사 출입 금지
(부득이 출입해야 하는 경우 담당자가 안내해야 하며 연구실 안전수칙을 지키도록 유도)

연구활동종사자가 알아야 할 연구실 안전관리 기본Ⅱ_ 실험·실습 전·후 안전관리

2. 화학 안전



- 다른 사람에게 알림, 경고
- 보호구착용, 유해성확인, 중화처리
- 액체인 경우 흡수, 흡착이용
- 산 중화제(산류 누출 시 처리용)
 NaHCO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$
- 알칼리 중화제(알칼리 누출 시 처리용)
 $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$



구분	세 부 내 용
세안 장치의 위치 선택	- 연구실내의 모든 인원이 쉽게 접근 가능한 위치에 설치 - 층별 모든 연구실에서 10초 이내 거리, 육안 식별 가능 표지 - 눈을 감은 상태에서 가까운 세안 장치에 도달 가능해야 함
세안 및 샤워설비 동시성	눈 부상은 피부 부상을 동반하므로 샤워장치와 같이 붙어 있어야 함
세안 장치사용 및 유지	- 물 또는 눈 세척제는 직접 눈을 향하는 것보다 코의 낮은 부분을 향하도록 함 - 눈꺼풀을 강제로 열어 눈꺼풀 뒤도 세척 - 물 또는 눈 세척제로 최소 15분 동안 눈과 눈꺼풀 세척 - 피해 입은 눈은 깨끗하고 살균된 거즈로 덮은 후 병원이나 구급대 연락 - 세안 장치는 공기 중 오염물질로부터 노즐을 보호하기 위해 커버 설치 및 정기 점검 실시

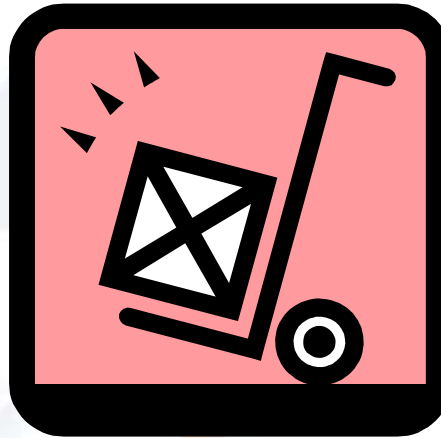
구 분	세 부 내 용
샤워장치의 위치 선택	◦ 화학물질(산, 알칼리, 기타 부식성 물질 등)이 있는 곳 * 연구실 내부 또는 외부 : 10초 이내 거리에 설치
샤워장치 사용 및 유지	◦ 알기 쉽게 표시하고 신속한 접근이 가능한 위치에 설치 ◦ 사고자가 눈을 감은 상태에서 샤워장치 도달 가능 위치 ◦ 샤워장치는 쥐고 당길 수 있는 사슬이나 삼각형 손잡이로 작동되게 함 ◦ 모든 사람의 키에 맞도록 높이 조정과 항상 사용 가능상태 유지 ◦ 샤워장치의 물줄기는 몸 전체 덮을 수 있도록 함 ◦ 샤워장치는 전기패널이나 전선 인입구 등에서 떨어진 곳에 위치 ◦ 옷을 벗고 신발이나 장신구를 벗을 수 있어야 함



- 접근이 용이(10초 이내)하고 가까운 곳에 위치, one touch

[출처: 대학환경안전협회 교육자료]

- 운반용 용기에 넣어 운반(PVC, rubber bucket)
- 가연성 액체는 내압성 보관용기로 운반
- 주변에 점화원 제거
- 4륜 카트 등 안전한 운반도구 사용



구 분	세 부 내 용
화학약품 취급 기구	• 사용 전에 폭발성 잔유물 & 수분 확인 후 사용 • 압력 및 온도가 변하면 기계적 강도가 변화하는 것에 유의 • 사용하는 약품에 따라 기계적 강도가 변화하는 것에 유의
연구장치	• 실행하는 화학 관련 연구개발활동은 어떠한 종류와 기계적 강도가 요구되는가 예상 • 사용으로 인하여 기계적 강도가 떨어지는 기구는 보호, 보강, 방어 등 적절한 조치를 강구 • 유리관은 부드러운 고무 등으로 감싼 후 고정하여 사용
후드 및 환풍기 부식의 점검	• 국소배기 제어풍속 시약 0.4 m/s, 분진 0.7 m/s 이상의 풍속 유지 • 기구의 내식성 미리 점검 • 부식성 환경을 만들지 않도록 하며, 부식성 환경에 기구를 놓지 않음 • 부식을 방지하고, 부식장소 발견에 노력

- 발화가 용이한 위험성 물질 및 미세한 금속분말은 물, 산, 알칼리와 접촉하여 스스로 발화하기 때문에 취급주의
- 발화 시 가연성 유독성가스(H_2 , H_2S , SO_2) 발생
- 가열, 충격, 산화제, 불꽃, 고온체, 폭발성 물질을 피하고 통풍 및 환기가 잘되고 서늘하고 건조한 장소 보관
- 공기 중 누출 시 발화되기 때문에 산소가 함유되지 않은 석유류에 보관하거나 금속제 용기에 보관
- 소화방법 : 건조모래 사용(물을 사용한 소화 금지)

발화성 물질 및 미세한 금속분말:

Li, Na, K, 알칼리 금속, 토금속 S, P_4 , 황화합물

철분, 유기금속화합물, 셀룰로이드류

Mg, Al, Zn 등 금속 분말, 금속의 수소화물

가연성고체, 자연발화성, 인화성고체

금속의 인화물, 칼슘탄화물, 알킬 알칼리금속 등

- 물과 반응하여 수소(H_2)와 같은 가연성 기체와 열 발생
→ 폭발적으로 반응

알칼리 금속 : Li, Na, K

알칼리 토금속 : 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg)

하이드라이드 : KH, NaH, $LiAlH_4$, $NaBH_4$

카바이드(CaC_2) 등



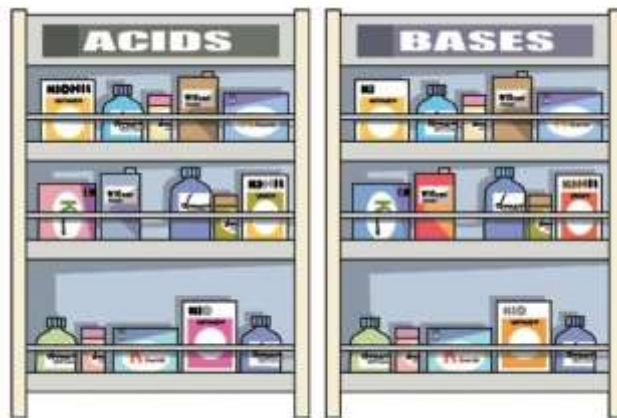


Universities were criticized within society for water pollution.

From Prof.Hiroshi Takatsuki, Kyoto University

- 폐기물에는 연구용 기구, 장비, 제품, 화학약품 등 다양하고 화학약품인 경우 조성이 불명확한 경우가 많음
- 연구개발활동 후 폐시약 원액(잔여시약 등)은 싱크대, 배수구 방류금지(금속분말, chips 분리 수거, 쓰레기통에 수거 금지), 적절한 폐기물 용기 사용
- 유기계, 휘발성 용제, 산계, 알칼리계, 무기계 등의 폐액은 별도 보관하되 혼합금지
- 반응성 물질, 폭발성, 발암성, 독성이 강한 폐액은 반응이 완결되어 안정화 후 (고형화 처리) 정해진 폐액 처리절차에 따라 배출
- 폐액은 성상별로 구분된 용기에 넣어 배출하고 배출자의 인적 사항과 배출 폐액의 성분을 명시
- 폐기물에 대한 MSDS-GHS 검색 및 장기간 보관 금지
- 폐액을 운반하는 경우 만약의 상황에 대비하여 관계 부서에 연락한 후, 2인 이상이 개인보호구를 착용하고 작업

관리대장 (특성, 성상별, 양립불가 구분)
및 GHS-MSDS





[출처: 대학환경안전협회 교육자료]

Classification of storage bottles

27

- 20 L HDPE with double-cap
- Divide chemical wastes (organic, acid, alkali, inorganic)
- Attach a label(tag, sticker)



[출처: 서울대학교 환경안전원]

연구활동종사자가 알아야 할 연구실 안전관리 기본Ⅱ_ 실험·실습 전·후 안전관리

3. 전기 안전



- 전기기기는 정격 전류에 맞은 전선과 해당 전선을 보호하는 과전류 차단기 사용
- 배선의 연결 부위는 반드시 내열·내연성이 있는 절연 재료로 피복
- 실외에서 장시간 사용하는 장치의 전기 배선은 반드시 방수 기구 사용
- 금속제 외함을 갖는 연구 장비는 누전 차단기를 설치, 검전기를 이용하여 접지 상태 확인
- 젖은 손으로 스위치를 조작하거나 전기가 통하는 부위의 접촉 금지
- 전기 스위치나 장비 주위에서 인화성·가연성 화학 약품이나 가스 사용 금지
- 고압 이상의 회로를 다룰 경우 절연 장갑 착용
- 전기 회로에 이상이 발견될 경우, 즉시 전원 차단 후 전기안전관리 담당자에게 통보하여 문제 해결
- 물, 수분, 증기가 접촉되는 부위에 있는 전선, 전자기기 부품 등은 누전 가능성에 대비, 가능하면 방수 자재 및 방수 처리 후 사용

배선의 부적합 사례



책상 밑 배선

- 전선의 손상 및 누전의 원인제공
- 전원용 전선은 피복이 손상되지 않도록 견고한 시설이 필요



미사용 전선의 부적합 처리

- 누전 및 합선사고의 원인
- 사용하지 않는 전선도 도체 부위는 절연처리와 함께 손상되지 않는 보호조치 필요





통전 전류 의 크기	1mA	5mA	10mA	15mA	50~100mA
	약간 느낄 정도	경련유발	통증유발	경련안 경련 초래	사망우려
증상					

1도 화상 : 피부가 쓰리고 빨갛게 된 상태



2도 화상 : 피부에 물집이 생기는 상태



3도 화상 : 피부가 벗겨지는 상태



4도 화상 : 피부 조직이 괴사 되는 상태

[출처: 과학기술정보통신부 사고사례집]

연구활동종사자가 알아야 할 연구실 안전관리 기본Ⅱ_ 실험·실습 전·후 안전관리

4. 화재 안전



- 큰 소리로 주변에 화재 발생을 알리고 도움 요청
- 화재경보기를 누르고 안전담당 부서 및 119에 연락
- A,B,C 소화기(분말소화기, CO2 소화기, 할론 소화기 등) 금속화재용 소화기와 방화포를 이용 초기 화재 진압 실시
- 시간적 여유가 있는 경우 전기를 차단, 주변의 가연성물질, 가스, 화학약품 등을 분리
- 화재, 폭발성이 있는 금속 분말 등을 취급하는 곳에서는 금속소화기, 마른 모래 혹은 방화포를 비치하여 화재 사고에 대비
- 초기 진화 후 일정장소(지정장소)로 즉시 집결하여 인원 파악
- 구조될 수 있는 곳으로 신속히 대피

연구활동종사자가 알아야 할 연구실 안전관리 기본Ⅱ_ 실험·실습 전·후 안전관리

5. 기계안전



우리가 매일같이 생활하는 연구현장에는 수많은 위험요인이 존재한다.
특히 위험 기계/전기/기구의 위험 요인은 치명적인 상해를 가져올 수 있기에 안전하게 설계,
제작하도록 하고 법적으로 보호 장치를 설치하도록 되어있다.

그러나 기계/전기/공작 기구가 안전하게 제작되어 있다고 하더라도 이를 다루는 연구활동종사자의
안전 의식과 안전한 행동이 함께 갖추어져야 한다.

기계의 움직이는 부분 사이 또는 움직이는 부분과 고정 부분 사이에 신체 또는 신체 일부분이 **끼이거나,**
물리거나, 말려들어가 발생 하는 재해가 대부분



[출처:국가연구안전관리본부 표준교재]

파이프 절단용 바이트 날을 탁상용 연삭기로 연삭 작업 중 숫돌이 파손되면서 숫돌 파편이 날아와 흉부를 강타하여 사망

발생원인

- 연삭숫돌의 최고 사용회전속도를 초과하여 사용 :
측정치 회전속도 2,554 rpm
※ 연삭숫돌 : 지름 510mm, 두께 50mm, 최고
사용원주속도 4,000m/min(2,498 rpm)
- 연삭숫돌 파편이 방호덮개 강도 미달로 방호덮개가
분리되며 튀어나옴



[출처:국가연구안전관리본부 표준교재]

연구를 하는 과정에서 사고가 발생되지 않도록 하기 위해서 각종 방호 조치 중
기계에 붙어 있는 방호 장치가 어떤 기능을 하고 있는지 파악 필요

방호조치란?

- 위험기계 · 기구의 위험 장소 또는 부위에 연구활동종사가 통상적인 방법으로 접근하지 못하도록 하는 제한 조치를 말하며, 방호망, 방책, 덮개 또는 각종 방호 장치 등을 설치 하는 것을 포함



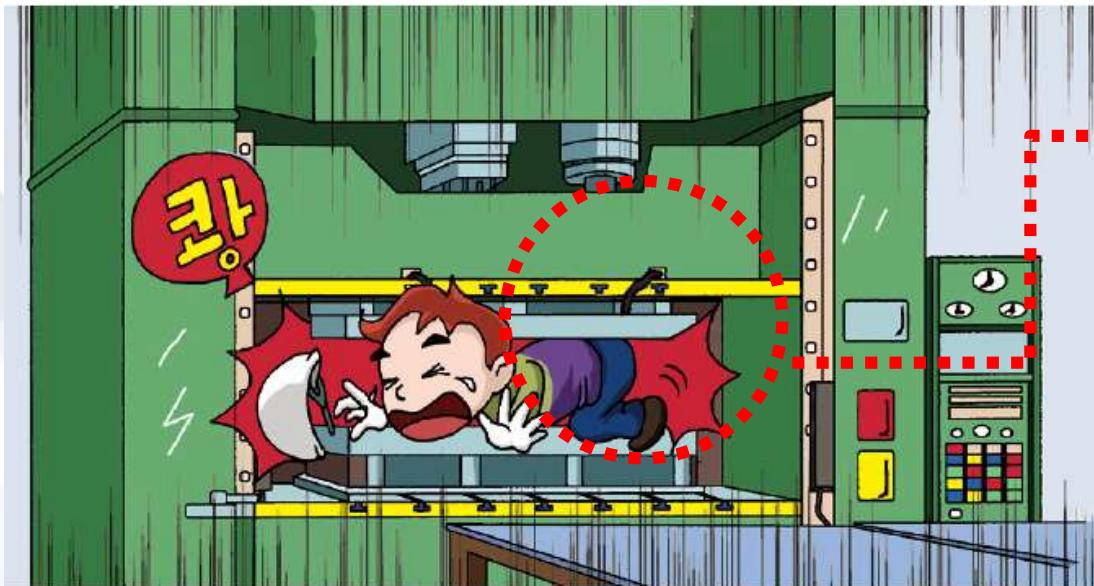
[출처:국가연구안전관리본부 표준교재]

- 물림점이 노출되지 않도록 방호 조치 설치
- 라텍스 장갑이 두 실린더의 표면(실리콘)에 마찰을 일으키며 빨려 들어감



[출처: 과학기술정보통신부 사고사례집]

기계의 보수 작업이 끝나기 전까지는 절대로 기계가 다시 가동되지 않도록 조치하는 것.
전원 스위치 박스를 잠그고(Lock Out) 경고 표지를 부착해야(Tag Out) 한다



[출처:국가연구안전관리본부 표준교재]

동력 기계에 연구활동종사자의 머리카락이나 옷 등이 말려 들어갈 우려가 있는 기계 설비에서 작업할 때에는 연구개발활동에 맞는 개인보호구 착용



[출처:국가연구안전관리본부 표준교재]

드릴링 머신 등 회전하는 날 부분에 손이 말려 들어갈 우려가 있는
기계 작업 시에는 목장갑 착용을 금지하고 **가죽 장갑**을 착용하며, **날접촉 방지용 안전 덮개 설치**



[출처:국가연구안전관리본부 표준교재]

위험요인

- 로봇의 작동 범위 내에 연구활동종사자가 접근할 때 메뉴플레이터와 충돌에 의한 위험
- 로봇의 수리나 점검 시 다른 연구활동종사자가 가동 스위치를 조작할 위험



[출처: kosha.co.kr 교육자료]

연구활동종사자가 알아야 할 연구실 안전관리 기본Ⅱ_ 실험·실습 전·후 안전관리

6. 개인정보구

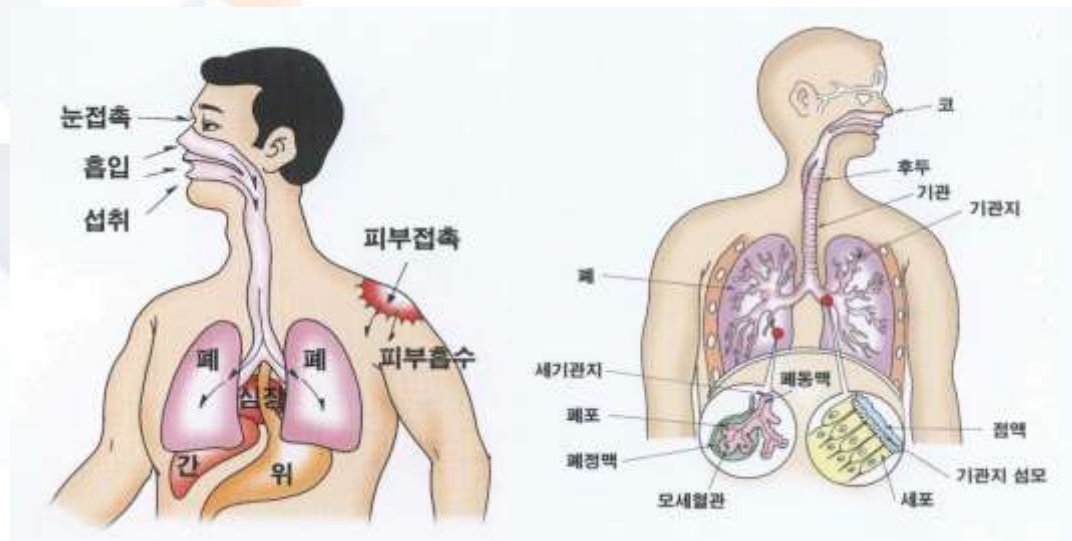


침입경로

- 흡입 : 유독가스, 석면, 도장, 증기, 미스트, 분진, 용접흄
- 피부흡수 : 기체, 액체, 고체
- 섭취(삼킴) : 액체, 고체

증상

- 마취, 발암, 간독성, 신장독성, 생식독성(불임 등), 피부·눈 자극 손상, 혈액 독성, 폐독성, 알러지 유발



개인보호구 왜 착용(Why?) 해야 하나

46

- 연구실에는 유해 물질, 석면 가루, 연마, 도장, 유해 가스, 분진, 용접흠, 소음, 유해 광선, 끼임, 물림, 감전, 등 위험 요인 존재
- 연구활동종사자를 보호하기 위해 연구 환경과 작업 방법을 개선하는 등 근본적인 안전 대책을 강구해야 하지만, 안전 대책이 불가능 하거나 불충분할 경우를 대비하여

보조수단으로 개인보호구를 착용해야 한다.



안전모



안전화



안전장갑



방진마스크



방독마스크



승기마스크



전동식 호흡보호구



보호복



안전대



보안경



용접용 보안면



방음보호구

[출처: kosha.co.kr 교육자료]

보안경



보호장갑



방진마스크 방독마스크



실험복 보호복



귀마개 귀덮개





1. 컵 모양으로 둥글게



2. 머릿끈을 떨어 뜨림



3. 마스크를 갖다댄 후
머리끈을 잡아당겨 착용



4. 얼굴과의 틈새를 막음

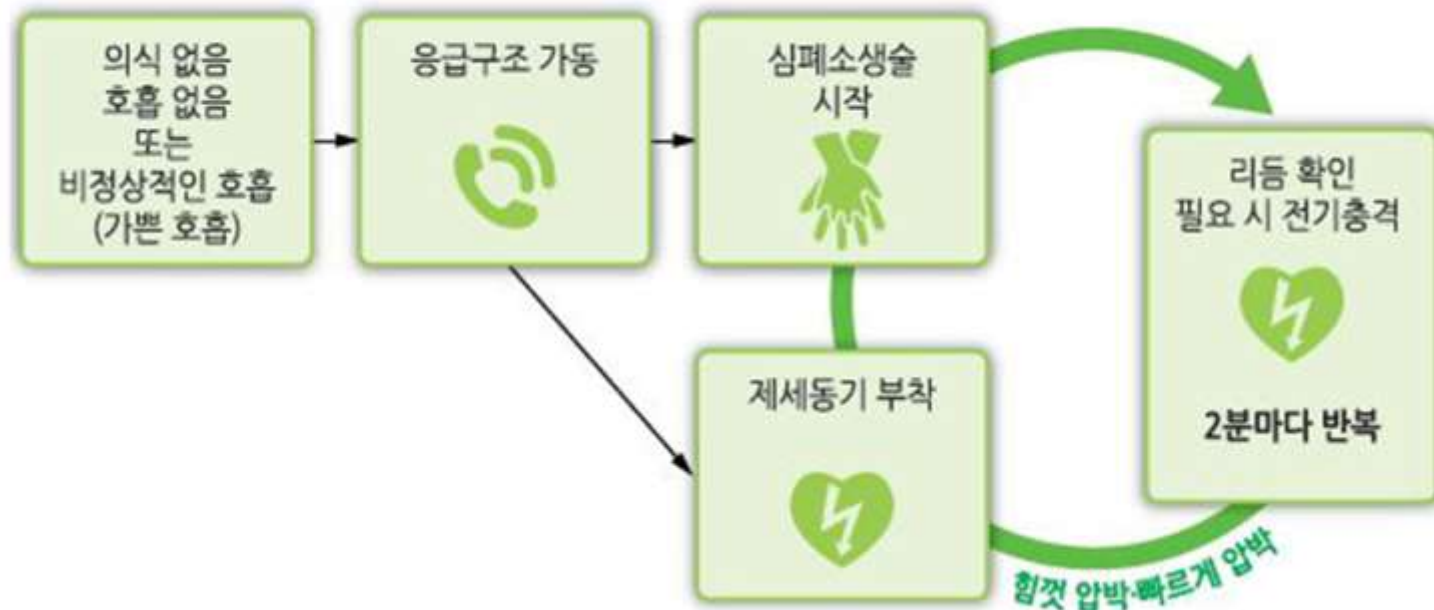


5. 코누름쇠를 구부려
코 부위와 맞도록 고정



6. 안면부가 얼굴에 완전히
밀착되었는지 밀착검사

- 안전 부서나 '119'에 긴급히 연락 및 AED 요청하고 상황 정보 제공
- 호흡이 가능한 정도의 의식이 있는 경우 신선한 공기가 있는 곳으로 옮기고 환자의 턱을 끌어 올려 기도가 막히지 않도록 조치
- 호흡과 심장 박동이 없는 경우 심폐소생술 실시 및 AED 작동
- 교육을 이수한 사람이 가슴 중앙을 두 손으로 1분에 100~120회, 5~6cm 깊이로 크게 압박하면서 AED를 이용하여 전기 충격을 병행



- 불안정한 상태, 행동을 없애라 - 90% 사고는 예방 가능
- 사전유해 및 위험성 분석 - 위험요소 인지, 분석, 실행
- 위험한 사회인식(사고 안 나겠지, 괜찮아, 조금, 산만) 제거
- 제반 안전관리규정과 규칙 철저히 준수
- 연구활동종사자 안전 교육 실시
- 혼자 판단 및 단정금지
- 소외되는 곳 안전점검 강화
- 연구개발활동 후 정리 정돈 및 철저한 마무리
- 화재, 사고는 모든 것을 빼앗아 감

이것을 꼭 지키면 나와 동료를 구함!!!

51

- 연구개발활동 전 : 안전점검, 안전표식 부착, 위험성 교육 이수

연구실 출입 시 개인보호구 착용

사전유해 · 위험성 분석

- 연구개발활동 중 : 안전관리규정 및 연구 방법 준수

- 연구개발활동 후 : 연구 종료까지 최선을 다함, 정리 정돈 및 뒷 마무리

심신이 미약하거나 심리적으로 불안정 할 때는 연구개발활동을 피함

화재경보기, 소화기 위치 파악 및 비상설비 사용법, 사고 발생 시 대처 방법 숙지

Avoid to be alone in the lab !!!