

생물학적 위험군

1. 소개

1.1 정의

바이오위험 물질(Biohazardous materials)은 작업자나 주변 공동체의 건강과 생활에 위험을 주는 작업환경에서 다루거나 발생하는 생물학적인 인자(agent)나 물질을 말한다.

2. 바이오안전의 이론

보호격리(containment)란 용어는 실험실에서 다루어지고 있거나 관리되고 있는 감염성물질을 관리하는 안전절차를 말할 때 사용된다. 격리의 목적은 실험자나 외부의 환경이 잠재적인 위험한 물질에 노출되는 것을 최소화하거나 제거하는 것이다.

일차 보호격리는 감염성 물질의 노출로부터 실험자의 숙련된 미생물을 다루는 테크닉과 적절한 안전장비의 사용에 의해서 보장된다. 예를 들면 백신(vaccine)의 사용은 개인보호차원에서 안전을 보다 증진시킬 수 있다. 이차 보호격리는 감염성 노출로부터 실험실 외부의 환경을 보호하는 것이며, 이것은 사용가능한 모든 시설·설계까지 포함된다. 따라서 보호시설의 3 가지 주요한 요소는 실습훈련과 테크닉, 안전장비, 설비설계이다. 어떤 특정 위험 요소를 다루는 작업에 대한 위험평가는 위 3 가지 주요한 요소의 적절한 상호 활용을 결정하게 한다.

2.1 실습 과정과 테크닉

보호 격리의 가장 중요한 사항은 표준 미생물을 다루는 훈련과 테크닉을 습득하고 준수하는 것이다. 감염성물질과 잠재적인 감염성 물질을 다루는 실험자는 그 위험을 인지해야 하고 그러한 물질을 다루는 데 요구되는 테크닉과 수행에 있어서 능숙하도록 훈련해야 한다.

해당 실험실은 직면할 수 있는 위험을 인지하고, 이러한 위험노출을 최소화하고 제거하는 특정한 과정과 절차를 계획하는 바이오안전 또는 활용 가능한 매뉴얼을 개발하고 적용해야 한다. 각 개인들은 특별한 위험에 대해 논의하고 요구되는 과정과 절차를 따르고 준수해야한다. 감염성 물질을 다루는 데 관련된 적절한 실습 테크닉, 안전 절차, 위험에 대한 지식을 가지고 있어야 하며 사용자는 그런 물질을 다루는 것에 대한 책임이 있다.

표준 실험실 실습 과정이 특정 위험 인자나 실험실 절차에 관련된 위험을 제어하는 데 충분하지 않을 때는 부가적인 기구가 필요하다. 실험실 지도교수는 부가적인 안전 연습을 선택해서 제공하는 데 책임이 있다.

적절한 공학적인 시설·설계, 안전 장비, 경영 수행 등은 실험실 개인의 안전 훈련 및 테크닉을 부가적으로 보완할 수 있다.

2.2 안전장비 (일차 보호장벽)

안전장비는 바이오위험 물질에 대한 노출을 안전하게 제거하거나 최소화하기 위해 고안된 바이오안전 캐비닛, 밀폐 용기, 다른 공학적인 제어장치를 말한다. 바이오안전 캐비닛(Biological safety

cabinet)은 미생물을 다루는 절차에서 발생하는 감염성 물질이 튀거나 분사되는 것을 격리시키는 주요 장비이다. 미생물 실험실에서 사용되는 바이오안전 캐비닛은 Class I, II, III로 구분하고 있다. Class I, II 바이오안전캐비닛은 실험실 개인과 환경에 높은 수준의 보호를 제공하는 일차 보호시설이다. class II 바이오안전 캐비닛은 캐비닛 안에서 다루어지는 물질의 외부 오염에 대한 보호를 제공한다. Class III 바이오안전 캐비닛은 개인과 환경에 높은 수준의 보호를 보장한다.

다른 일차 보호장비의 예는 안전 원심 분리기용 컵, 원심 분리가 작동되는 동안 에어졸이 튀지 않도록 고안된 밀폐 용기 등이 있다. 이러한 위험을 최소화하기 위해서 보호 격리 제어가 노출을 제어하기 위해 사용되어야 한다.

안전장비는 또한 개인 보호 장구를 포함한다. 예를 들면, 장갑, 가운, 보안경, 안면보호대, 방독면, 마스크 등이 있다. 개인보호장비는 종종 다루는 위험 인자, 동물, 물질을 포함하는 장비와 바이오안전 캐비닛의 적절한 상호 조합으로 사용할 수 있다. 만일 바이오안전 캐비닛이 작동 불가능하면 개인 보호 장비는 개인과 감염성 물질 사이에 일차 보호 장벽을 형성한다.

2.3 시설설계와 건설(일차 보호장벽)

실험자의 보호에 기여하는 시설 설계와 건축은 실험실 외부에 있는 개인을 보호하고 사고로 인해 실험실 외부로 방출될 수 있는 감염성 물질로부터 사람이나 동물들을 보호할 수 있는 보호장벽이다. 실험실 경영과 관리는 다루는 물질에 대한 안전 수준과 기능에 맞는 설계를 하여야 한다.

일차 보호장벽의 설계는 특정물질의 전염 위험성을 고려하여야 한다. 예를 들어 감염성 에어졸의 노출로 감염의 위험이 있다면 훨씬 높은 수준의 일차격리와 다중 또는 이중 보호장벽으로 외부 환경에 빠져나가지 못하도록 해야 하는 동시에 특별한 환기 시스템(ventilation system)을 요구한다.

2.4 바이오안전 수준(Biosafety level)

4 가지 바이오 안전수준은 실습과정과 테크닉, 안전장비, 실험실 설비의 상호 조합으로 설명한다.

(1) BSL-1 (Biosafety Level-1, 바이오안전 수준 1)

그 과정과 안전장비, 시설이 학부생과 교육실험실에 적당한 수준이며, 건강한 성인기준으로 어떤 종류의 병을 일으키지 않는 정도이다. 종류는 *Bacillus subtilis*, *Naegleria gruberi*, *infectious canine hepatitis virus* 등이 있다. 인간의 질병과정과 관련성이 없는 많은 종류들은 잠재적 병원균이 될 수 있고, 어린이, 노약자, 면역 결핍자에게 감염을 일으킬 수 있다. 이 수준은 손 씻기 행위 이외의 일차/이차적인 특별한 보호장벽이 없이도 표준 미생물을 다루는 과정에 따라 이루어지는 기본적인 격리의 단계이다.

(2) BSL-2 (Biosafety Level-2, 바이오안전 수준 2)

수행 과정, 안전장비, 시설 설계 및 건축이 임상, 진단, 교육과 보통 상존하는 다양한 위험인자를 다루는 실험실에 적용할 수준이다. 미생물을 다루는 테크닉이 좋아야 하며 튀거나 분무 형태의 기회가 아주 낮다면 실험 벤치에서 수행할 수 있다. *Hepatitis B virus*, *HIV*, *salmonellae*, *Toxoplasma spp.* 등의 미생물을 사용할 때 혹은 인간에서 파생된 혈액, 체액, 조직, 감염인자가 알려지지 않은 일차 인간 세포 시스템을 다룰 때 적절한 수준이다. 이러한 물질을 작업하는 실험자의 일차적 위험은 감염성 물질의 흡입이나, 피부나 점액 세포질의 노출과 관련되어 있다. 감염된 바늘이나 날카로운 기

구는 각별한 주의가 요구된다. 이 수준에서 일상적으로 다루는 유기체가 분무를 통한 전염이 알려지지 않았더라도 에어졸이나 튀어서 개인에 노출될 확률이 높기 때문에 일차 격리 보호장비나 개인보호장비를 착용하고 작업해야 한다.

(3) BSL-3 (Biosafety Level-3, 바이오안전 수준 3)

호흡기 전염이 가능한 물질로 잠재적으로 심각한 치명적인 전염을 일으킬 수 있는 수준이다. Mycobacterium tuberculosis, St. Louis encephalitis virus, Coxiella burnetii가 대표적인 해당 미생물들이다(다른 Virus의 예는 Venezuelan equine encephalomyelitis, Rift Valley fever, Chikungunya, Yellow fever, Japanese encephalitis, Louping ill, West Nile, Lymphocytic choriomeningitis, Orungo등이 속한다). 경로는 자가 접종, 섭취 및 에어졸에 노출될 수 있다. 일차 및 이차 보호장비가 반드시 필요한 수준이다. 모든 수행은 바이오안전캐비닛(BSC)이 요구되며, 후드 시스템이 필요하다.

(4) BSL-4 (Biosafety Level-4, 바이오안전 수준 4)

생명에 위험을 주는 병원균을 가지는 물질을 다루는 때 적용한다. 어떤 백신이나 치료제가 없는 상태이다. Marburg나 Congo-Crimean hemorrhagic fever와 같은 바이러스는 Level 4에서 다루어진다. (다른 Virus는 Junin, Russian Spring-Summer, Omsk hemorrhagic fever, Lassa, Ebola, Sabia등) 작업하는 최고의 위험은 감염성 에어졸, 점막, 자가 접종 등에 의한 호흡기 노출이다. 잠재적인 감염성 진단물질을 다루거나 자연적이거나 실험상 감염된 동물을 다룰 때 실험자나 외부 환경에도 노출과 전염의 정도가 매우 높은 단계이다. 실험실 개인은 에어졸화된 감염성 물질과의 완벽한 격리가 필요하기 때문에 Class III BSC에서 작업을 수행한다. 시설 설비도 외부 환경과 격리되거나 특별한 후드 설비, 폐기물처리시스템이 요구된다

2.5 바이오안전 수준의 범주(Laboratory Biosafety Level Criteria)

여기서는 바이오안전 수준 1과 바이오 안전 수준 2, 3에 대한 내용을 중심으로 다루고자 한다.

(1) BioSafety Level 1

바이오안전 수준 1은 건강한 성인을 기준으로 질병을 확실하게 일으키지 않거나 실험실의 실험자나 외부 환경에 잠재위험이 매우 적으며 그 특성이 잘 알려진 병원 미생물에 관련된 작업을 수행할 때 적절한 수준이다. 작업하는 실험실은 다른 장소와 반드시 격리할 필요는 없고 작업은 실험대에서 표준 미생물취급요령 (Standard microbiological practice)에 따라 실행한다. 실험실 개인은 실험실에서 행하는 절차상 특별한 훈련이 필요하며 미생물학이나 생물학 또는 관련된 전문가에게 감독 받는다.

(가) 표준 미생물 취급 요령

- ① 실험이 진행 중일 경우에는 실험실 입실을 제한하거나 금지한다.
- ② 실험실 개인은 살아있는 물질을 다룬 후에 장갑을 제거하고 실험실을 나가기 전에 반드시 손을 씻는다.
- ③ 실험실에서는 음식을 먹거나, 음료를 마시거나, 담배를 피우거나 렌즈를 다루거나 화장을 하거나

나 음식을 저장하거나 하는 행위 등은 금지한다.

- ④ 입을 이용한 Pipetting는 금지한다.
- ⑤ 날카로운 물질의 사용에 대한 안전 취급방법을 작성하여 습득한다.
- ⑥ 모든 실험상의 절차는 튀거나 에어졸(aerosol)의 발생을 최소화하도록 주의한다.
- ⑦ 실험실 작업대는 최소한 하루에 한번은 소독하고 오염물질을 제거한다.
- ⑧ 모든 배양액, 저장 용기 또는 폐기물은 고압증기멸균법(Autoclaving)과 같은 허용된 오염제거시스템으로 제거한 후 폐기한다.
- ⑨ 감염성 물질이 존재하면 실험실 출입구에 표지하여 알린다. 그 표지에는 사용하는 물질의 이름과 연구자의 전화번호를 기입한다.

(나) 안전장비 (일차 보호장벽)

- ① 바이오안전 캐비닛과 같은 특별한 격리장치나 장비는 일반적으로 이 수준에서는 필요하지 않다.
- ② 평상복을 더럽히거나 오염을 방지하기 위해 실험복을 착용한다.
- ③ 손에 상처나 발진의 가능성이 존재하면 장갑을 착용해야 한다.
- ④ 미생물이 튀거나 다른 위험물질을 다룰 때 반드시 눈 보호장구를 착용해야 한다.

(다) 실험실 설비(이차 보호장벽)

- ① 실험실은 출입을 조절할 수 있는 문을 장치한다.
- ② 각 실험실은 손을 씻을 수 있는 싱크대가 마련되어 있어야 한다.
- ③ 실험실은 쉽게 세척할 수 있도록 디자인되어 있어야 한다. 카펫 등은 사용하지 않는다.
- ④ 실험대는 물이 스며들지 않아야 하며 온도나 유기용매, 산, 알칼리와 오염원을 제거하는 데 사용하는 화학약품에 저항력이 있어야 한다.
- ⑤ 실험실 가구는 사용과 적재에 견딜 수 있도록 충분히 튼튼해야 한다.
실험대, 캐비닛과 장비사이의 공간은 청결 및 청소를 위해 충분한 공간을 확보해야 한다.
- ⑥ 실험실이 복도와 연결된 창문이 있으면 가림막을 설치한다.

(2) BioSafety Level 2

Biosafety Level 2는 바이오안전 레벨 1과 유사하고 중간 정도의 잠재적 위험을 가지는 미생물의 작업에 적당한 수준이다. BSL-1과 다른 점은

- 실험실 개인은 병원성 미생물을 다루는 데 특별한 훈련을 받아야 하며 전문가에 감독을 받아야 한다.
- 작업이 수행되는 동안 실험실 출입이 제한된다.

- 감염된 날카로운 도구에 주의한다.
- 감염성 에어졸이나 튀어날 수 있는 실험 절차는 바이오안전 캐비닛 또는 다른 물리적으로 격리된 장비에서 수행한다는 점이다.

(가) 표준 미생물 취급 요령

- ① 실험이 진행 중일 때에는 실험실 입실을 제한하거나 금지한다.
- ② 실험실 개인은 살아있는 물질을 다룬 후에 장갑을 제거하고, 실험실을 나가기 전에 반드시 손을 씻는다.
- ③ 실험실에서는 음식물을 먹거나, 음료를 마시거나, 담배를 피우거나 렌즈를 다루거나 화장을 하거나 음식물을 저장하거나 하는 행위 등은 금지한다.
- ④ 입을 이용한 Pipetting는 금지한다.
- ⑤ 날카로운 물질의 사용에 대해 안전취급방법을 습득한다.
- ⑥ 모든 실험상의 절차는 튀거나 에어졸의 발생을 최소화하도록 주의한다.
- ⑦ 실험실 작업대는 최소한 하루에 한번은 소독하고 오염물질을 제거한다.
- ⑧ 모든 배양액, 저장 용기 또는 폐기물은 고압증기멸균법(Autoclaving)과 같은 허용된 오염제거시스템으로 제거한 후 폐기한다.
- ⑨ 감염성 물질이 존재하면 실험실 출입구에 표지하여 알린다. 그 표지에는 사용하는 물질의 이름과 연구자의 전화번호를 기입한다.

(나) 특별 사항

- ① 감염성 물질이 다루어질 때 실험실 출입은 지도교수에 의해 제한되거나 통제된다. 일반적으로 매우 쉽게 감염되기 쉬운 상태나 그 감염으로 심각한 결과를 일으킬 수 있는 사람은 실험실이나 동물실험실에 출입을 금지한다. 예를 들면, 면역력이 억제되거나 약한 사람은 감염의 위험성이 크므로 출입을 통제해야 한다. 실험실 지도교수는 각 주위환경 평가와 각 실험실에 출입의 허가를 결정하는 최종 책임을 가진다.
- ② 실험의 감독자는 잠재적인 위험성에 대해 논의하고 출입의 경우 요구사항에 만족하는 사람만이 실험실에 출입할 수 있는 정책과 절차를 마련한다.
- ③ 바이오위험 표지는 병원성 물질이 사용될 때 실험실 출입구에 붙여 놓는다. 사용하는 물질, 바이오안전 수준, 요구되는 면역사항, 연구자 이름, 전화번호, 실험실에서 착용해야 될 개인보호장구, 실험실을 나갈 때 요구되는 절차를 표지하여 알린다.
- ④ 실험자는 다룰 예정이거나 잠재적으로 실험에 존재하는 병원균에 대한 면역검사나 테스트를 받는다.
- ⑤ 다루어지는 병원균을 고려하여 적절한 시기에 혈청 샘플과 다른 위험물질은 수집하여 저장한다. 혈청표본도 주기적으로 수집할 수 있다.

⑥ 바이오안전 절차는 지도교수에 의해 실험실에 준비하거나 적용된 바이오안전 매뉴얼과 연결하여 다룬다.

⑦ 지도교수는 실험과 관련된 잠재적 위험에 적절한 훈련과 노출을 방지하는 필요한 주의, 노출 평가, 절차를 지키도록 교육한다. 실험자는 절차나 정책 변화에 대해 추가적인 교육을 받고 해마다 새로운 사항을 습득한다.

⑧ 바늘, 주사기, 슬라이드, 피펫, 모세관, 외과용메스 등 감염된 날카로운 도구들의 사용은 각별한 주의가 요구된다.

- 바늘과 주사기, 날카로운 도구를 꼭 사용해야 할 경우는 엄격하게 실험실에서만 사용하도록 제한한다. 가능하다면 플라스틱 제품으로 대체한다.

- 주사바늘 잠금 주사기나 일회용 주사기·바늘은 감염 물질의 주사나 흡입에 사용된다. 사용된 바늘은 구부리거나 부러뜨리거나, 가위로 자르거나, 일회용 주사기에서 제거하는 행위는 하지 않는다. 이들 물질은 전용 폐기 용기에 놓아야 한다. 일회용이 아닌

- 날카로운 도구는 단단한 저장 용기에 담아 고압증기멸균한다.

- 깨진 유리제품은 손으로 다루지 않는다. 핀셋, 집게 등의 도구를 사용하여 제거해야 한다. 감염된 바늘, 날카로운 장비, 깨진 유리는 처분 전에 정해진 절차에 따라 감염원을 제거하여 정화한다.

⑨ 배양, 조직, 신체의 액체류의 표본 또는 잠재적인 감염성 폐기물은 수집, 취급, 저장, 운반하는 동안 새지 않도록 뚜껑을 가진 저장용기에 넣는다.

⑩ 실험장비나 실험실은 일반적인 절차에 따라 감염성 물질에 대한 작업이 끝났을 때, 누출 또는 튀었을 때와 다른 오염원에 효과적인 살균제를 사용하여 소독해야 한다.

⑪ 감염성물질에 확실한 노출을 일으키는 누출이나 사고는 즉시 지도교수에게 알린다. 의료 평가, 감독, 처리가 수행되어야 한다.

⑫ 실험에 관련되지 않는 동물은 실험실에 들이지 않는다.

(다) 안전장비

① 적절하게 유지되는 바이오안전캐비닛, 적절한 개인보호장비와 물리적인 격리 장치가 사용된다.

- 감염성 에어졸이나 튀는 경우의 잠재적 위험이 있는 절차의 수행 시에 필요하다.
- 감염성 물질의 대단위 용량이나 농도를 사용할 때

② 얼굴 보호장구는 감염성이나 다른 위험한 물질이 얼굴에 뿌려지거나 튀는 것을 방지하고자 할 때 사용한다.

③ 실험복, 가운 등을 실험실에서 착용한다. 사용한 의복은 실험실 이외의 장소에 나갈 때 제거하거나 벗어놓는다. 모든 의류는 실험실 안에서 처분하거나 소독한다.

- ④ 장갑은 잠재적인 감염성 물질이나 오염된 표면, 장비를 접촉할 가능성이 있을 때 착용한다. 일회용 장갑은 세척하거나 재사용하지 않는다.

(라) 실험실 시설

- ① 시설에 잠금장치를 할 수 있는 문을 설치한다.
- ② 공공시설과 떨어진 새로운 실험실을 고려한다.
- ③ 각 실험실은 손을 씻을 수 있는 싱크대를 설치한다.
- ④ 실험실은 쉽고 깨끗하게 정화할 수 있도록 디자인한다.
- ⑤ 실험대는 방수, 방열되며 유기용매, 산, 알칼리, 화학약품에 견디어야 한다.
- ⑥ 실험실 가구는 충분히 튼튼해야 하며, 각 가구 사이의 공간을 충분히 확보한다.
- ⑦ 눈을 씻을 수 있는 장비를 마련하고 쉽게 접근 가능해야 한다.
- ⑧ 모든 활동에 적절한 조명이 가능해야 한다.
- ⑨ 특별한 후드시스템은 필요하지 않지만 새로운 시설 설계 시 실험실 밖의 공간에 재순환 없이 공기의 내부 흐름을 제공하는 후드 시스템을 고려한다.
- ⑩ 실험실 공급 공기와 배출 공기의 불안정이 보호격리를 위한 캐비닛의 기준 파라미터를 벗어나지 않는 방식으로 바이오안전 캐비닛을 설치한다. 바이오 안전캐비닛은 열수 있는 창문이나 문, 다른 잠재적인 방해 장비가 있는 곳으로부터 떨어져 캐비닛의 공기 흐름이 유지될 수 있도록 설치한다.

(3) BioSafety Level-3

바이오안전 수준 3은 흡입 경로에 의한 노출로 심각하거나 잠재적으로 치명적인 병을 일으킬 수 있는 위험한 작업이 수행되는 임상, 진단, 연구 또는 생산 시설에 적용한다. 실험실의 개인은 병원균과 잠재적으로 치명적인 물질을 다룰 때 특정 훈련을 받아야 한다. 경험자나 전문가에 의해 감독받아야 한다.

감염성 물질을 다루는 모든 절차는 바이오 안전 캐비닛 또는 다른 보호시설 안에서 수행되어야 하고 적절한 개인보호장비를 착용하여야 한다.

(가) 표준 미생물 취급 요령

- ① 실험이 진행 중일 때는 실험실 입실을 제한하거나 금지한다.
- ② 실험실 개인은 살아있는 물질을 다룬 후에 장갑을 제거한 후와 실험실을 나가기전에 반드시 손을 씻는다.
- ③ 실험실에서는 음식물을 먹거나, 음료를 마시거나, 담배를 피우거나 렌즈를 다루거나 화장을 하거나 음식물을 저장하거나 하는 행위 등은 금지한다.
- ④ 입을 이용한 Pipetting은 금지한다. 마이크로 피펫 등의 측정용 기기를 사용한다.
- ⑤ 날카로운 물질의 사용에 대해 안전 취급 방법을 습득한다.
- ⑥ 모든 실험상의 절차는 튀거나 에어졸의 발생을 최소화하도록 주의한다.

- ⑦ 실험실 작업대는 최소한 하루에 한번은 소독하며, 오염물질을 제거한다.
- ⑧ 모든 배양액, 저장 용기 또는 규정 폐기물은 고압증기멸균법(Autoclaving)과 같은 허용된 오염제거시스템으로 소독한 후 폐기한다. 실험실 외부에 멸균된 물질은 이중, 누출 방지 용기와 밀폐되어 있어야 한다. 이 수준의 감염성 폐기물은 폐기 전에 반드시 멸균 되어야 한다.

(나) 특별 사항

- ① 감염성 물질이 다루어질 때 실험실 출입은 실험실 지도교수에 의해 제한되거나 통제된다. 일반적으로 매우 쉽게 감염되기 쉬운 상태나 그 감염으로 심각한 결과를 일으킬 수 있는 사람은 실험실이나 동물실험실에 출입을 금지한다. 예를 들면, 면역력이 억제되거나 약한 사람은 감염의 위험성이 더 증가한다. 실험실 감독자는 각 주위환경의 평가와 각 실험실에 출입의 허가를 결정하는 최종 책임을 가진다.
- ② 실험의 감독자는 잠재적인 위험성을 논의하고 특별 출입의 경우 요구사항에 만족하는 사람만이 실험실에 출입할 수 있는 정책과 절차를 세운다.
- ③ 바이오위험 표지는 병원성 물질이 사용될 때 실험실 출입구에 붙여 놓는다. 사용하는 물질, 바이오안전 수준, 요구되는 면역사항, 연구자 이름, 전화번호, 실험실에서 착용해야 될 개인보호장구, 실험실을 나갈 때 요구되는 절차 등을 표지하여 알린다.
- ④ 실험자는 다룰 예정이거나 잠재적으로 실험에 존재하는 병원균에 대한 면역 검사나 테스트를 받는다.
- ⑤ 다루어지는 병원균을 고려하여 적절한 시기에 혈청 샘플이나 다른 위험물질은 수집하여 저장한다. 혈청표본도 주기적으로 수집할 수 있다.
- ⑥ 바이오안전 절차는 표준 수행 절차나 실험 감독자에 의해 준비되거나 적용된 바이오안전 매뉴얼과 연결하여 다룬다.
- ⑦ 실험실 지도교수는 실험과 관련된 잠재적 위험에 적절한 훈련과 노출을 방지하는 필요한 주의, 노출 평가, 절차 등을 지키도록 교육한다. 실험자는 절차나 정책 변화에 대해 추가적인 교육을 받고 해마다 새로운 사항을 습득한다.
- ⑧ 바늘, 주사기, 슬라이드, 피펫, 모세관, 외과용메스 등 감염된 날카로운 도구들의 사용은 각별한 주의가 요구된다.
 - 바늘과 주사기, 날카로운 도구를 꼭 사용해야만 될 때 엄격하게 실험실에서만 사용하도록 제한한다. 가능하다면 플라스틱 제품으로 대체한다.
 - 주사바늘 잠금 주사기나 일회용 주사기·바늘은 감염 물질의 주사나 흡입에

사용 된다. 사용된 제거 바늘은 구부리거나 부러뜨리거나, 가위로 자르거나, 뚜껑을 제거하는 행위는 절대하지 않는다. 그것들은 날카로운 물질은 전용폐기 용기에 주의 깊게 놓아야 한다. 일회용이 아닌 날카로운 도구는 단단한 저장 용기에 담아 고압증기멸균한다.

- 깨진 유리제품은 손으로 다루지 않는다. 핀셋, 집게 등의 도구를 사용하여 제거해야 한다. 감염된 바늘, 날카로운 장비, 깨진 유리는 처분 전에 정해진 절차에 따라 감염원을 제거하여 정화한다.
- ⑨ 감염성 물질을 다루는 모든 조작은 바이오안전 캐비닛이나 다른 보호시설이 갖추어진 장소에서 수행한다. 일반 실험대에서 어떠한 작업도 수행하지 않는다.
- ⑩ 실험장비와 작업대의 표면은 감염성 물질을 다루는 작업 종료 시나 누출, 튄 경우 오염된 경우 효과적인 소독제를 사용하여 일상적으로 소독한다.
 - 감염성 물질의 누출은 경험자, 전문가에 의해서 세척하고 소독한다. 누출에 대한 행동 요령을 습득하고 적절하게 주위에 알린다.
 - 오염된 장비는 적절하게 소독한 다음 옮겨 유지 보수한다.
- ⑪ 배양, 조직, 체액의 표본 또는 잠재적인 감염성 폐기물은 수집, 취급, 저장, 운반 동안 새지 않도록 뚜껑을 가진 저장 용기에 넣는다.
- ⑫ 실험장비나 실험실은 일반적인 절차에 따라 감염성 물질에 대한 작업이 끝났을 때, 누출 또는 튀었을 때와 다른 오염원에 효과적인 살균제를 사용하여 소독해야 한다.
- ⑬ 감염성물질의 누출이 발생한 사고는 즉시 지도교수에게 알린다. 의료 평가, 감독, 처리가 수행되어야 한다.
- ⑭ 실험에 관련되지 않는 동물은 실험실에 들이지 않는다.

(다) 안전장비 (일차보호 장비)

 - ① 개인 실험복은 실험실에 있을 때 항상 입는다. 보호 의류는 실험실 이외의 장소에서는 입지 않는다. 재활용 실험복은 재사용 전에 소독하여 사용한다. 명백하게 오염된 경우는 폐기하고 교체한다.
 - ② 장갑은 감염성 물질, 감염 동물, 오염 장비를 다룰 때 착용해야 한다.
 - ③ 손 씻기와 사용하는 장갑을 자주 교체하는 것이 좋다. 일회용 장갑은 세척하거나 재사용하거나 하지 않는다.
 - ④ 감염성 물질의 모든 조작은 수준 II, III에 해당하는 바이오안전 캐비닛 안에서 수행한다.
 - ⑤ 실험 절차나 진행이 바이오안전 캐비닛에서 진행되지 않을 경우는 개인보호장비와

보호장비를 적절하게 조합하여 사용한다.

- ⑥ 호흡기와 안면보호장비는 감염된 동물이 존재하는 방에 있을 때 사용한다.

(라) 실험실 시설 (이차 보호 시설)

- ① 실험실은 건물의 통제되지 않는 혼잡지역에 노출되어 있는 지역에서 벗어나 있어야 하며 실험실 출입이 제한되어야 한다. 두 개의 자동문으로 된 좁은 통로가 출입구에 필수적이며 문이 잠겨야 한다. 그 통로에 복장을 갈아 입을 수 있는 방이 마련되어 있어야 한다.
- ② 각 실험실은 손 씻는 싱크대가 있어야 한다. 그 싱크대는 자동 작동되어야 하며 출입문 가까이에 위치하여야 한다.
- ③ BSL-3 위험인자가 다루어지는 지역의 벽, 바닥, 천정의 내부 표면은 쉽게 세척이나 소독이 가능하도록 설계하여야 한다. 갈라진 틈은 봉합되어야 한다. 벽, 천장, 바닥은 실험실에서 사용되는 소독제와 시약에 견디어야 하고 액체가 침투하지 않는 부드러운 재질이어야 한다. 바닥은 모놀리스(monolithic)여야 하며 미끄럼이 방지 되어야 한다.
- ④ 실험대는 방수, 방열되고 유기용매, 산, 알칼리와 작업대와 장비를 소독하기 위해 사용되는 화학약품에 견디어야 한다.
- ⑤ 실험실 가구는 충분히 튼튼해야 하며, 각 가구 사이의 공간을 충분하게 확보하여 세척이나 소독이 쉽게 배치되어야 한다. 의자와 다른 가구는 쉽게 소독 가능한 비섬유 물질로 만들어져야 한다.
- ⑥ 실험실의 모든 창문은 밀폐되고 봉쇄되어 있어야 한다.
- ⑦ 모든 실험실 폐기물을 소독이나 멸균하는 방법은 그 시설에 비치되어 있어야 하며 실험실내에 갖추어져 있는 것이 좋다. 만일 실험실 외부로 옮긴다면 적절하게 봉합하여 공공시설로 옮기지 말아야 한다.
- ⑧ 바이오안전 캐비닛은 필수이며 출입문, 저장고에서 떨어진 장소에 위치하여야 한다.
- ⑨ 적절한 환기 시스템이 요구된다. 환기 시스템은 방향성 기류를 만들어 “깨끗한” 지역에서 공기를 실험실로 들이고 “오염된” 지역으로 흐르도록 하는 시스템이 요구된다. 배출 공기는 건물의 어떤 지역에 재순환되지 않는다. 배출 공기의 필터나 다른 처리가 요구되지 않으나 특정 물질의 조작과 사용 조건이 고려될 수 있다. 외부의 배출은 그 지역과 공기 흡입구로부터 떨어져 분산되거나 HEPA 필터를 사용하여야 한다. 실험자는 공기 흐름의 방향이 적절한지 잘 판단하여야 한다. 실험실 출입구에 공기의 흐름을 확인하거나 알 수 있는 모니터를 설치하는 것이 좋다. HVAC 제어 시스템은 실험실의 지속된 여압을 차단하여 준다. 그 작동 여부는 경보기를 통하여 알 수 있다.

- ⑩ 바이오안전 11군의 HEPA 필터가 장착된 배출 공기는 그 캐비닛이 검증되고 최소 1년 유지가 된다면 실험실안으로 재순환한다. 바이오안전 11군의 캐비닛의 배출 공기가 건물 배출공기 시스템을 통하여 외부로 방출될 때 캐비닛은 캐비닛과 건물 배출 시스템의 공기균형의 방해를 피하는 방식으로 연결되어야 한다. (예, 캐비닛 배출관과 배출관 사이의 공기 차이) 바이오안전 캐비닛 111군이 사용될 때 그것들은 바로 배출 시스템으로 연결되어 있어야 한다.
- ⑪ 에어졸이 발생할 수 있는 연속 회전 원심분리기나 기기는 실험실에서 방출 되기 전에 HEPA 필터를 통하여 공기를 방출하는 장치가 포함되어야 한다. 이러한 HEPA 시스템은 최소 해마다 점검하여야 한다.
- ⑫ 진공 라인은 액체 비감염성 트랩과 HEPA 필터로 보호되어야 한다. 필터는 필요하면 교체한다.
- ⑬ 눈 세척 전용 시설이 실험실에 갖추어져야 한다. 모든 활동에 적절한 조명이 가능해야 한다.
- ⑭ 바이오안전 수준 111의 시설 디자인과 작동 절차는 문서화되어 있어야 한다. 작동전에 그 시설의 작동 파라미터에 만족되는 확인 테스트가 이루어져야 한다. 최소한 해마다 실시하며 작동 경험에 의해 그 절차는 수정될 수 있다.
- ⑮ 위험평가, 조건에 따라 부가적인 환경 보호 시설이 고려되어야 한다