



กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์  
Department of Medical Sciences

# คู่มือความปลอดภัย

## ทางห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ



กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์



กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์  
DEPARTMENT OF MEDICAL SCIENCES

# คู่มือความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการ ด้านชีวภาพ

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์  
2563



ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

หนังสือคู่มือความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ.-- นนทบุรี : กองแผนงานและวิชาการ  
กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2563.

162 หน้า

1. ห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ I. ชื่อเรื่อง.

616.075

ISBN : 978-616-11-4402-9

พิมพ์ครั้งที่ 1 สิงหาคม 2563

จำนวน 500 เล่ม

#### จัดพิมพ์เผยแพร่โดย

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข อ.เมือง จ.นนทบุรี

<http://www.dmsc.moph.go.th>

โทรศัพท์ 0 2951 0000

โทรสาร 0 2951 1021

<http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/webroot/BQSF/Index.htm>

#### พิมพ์ที่

บริษัท ศูนย์การพิมพ์แก่นจันทร์ จำกัด

ที่อยู่ 88/5 วัฒนานิเวศน์ ซอย 5 ถนนสุทธิสารวินิจฉัย

แขวงสามเสนนอก เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10310

โทรศัพท์ 0 2276 6545, 0 2276 6713, 0 2276 6721

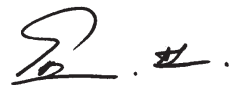
โทรสาร 0 2277 8137

E-mail: k2536c@hotmail.com

## คำนิยาม

ตามที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์มีนโยบายด้านการบริหารความเสี่ยงและความมั่นคงปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการ จึงได้แต่งตั้งให้มีคณะกรรมการบริหารความเสี่ยงและความมั่นคงปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการ และคณะทำงานความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านเคมี ด้านชีวภาพ และด้านรังสี ภายใต้คณะกรรมการระบบบริหารคุณภาพ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เพื่อให้บุคลากรกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์สามารถปฏิบัติงานการวิเคราะห์ วิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัย เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานมีโอกาสที่จะได้รับสัมผัสสารเคมีวัตถุอันตราย สารพิษเชื้อก่อโรคและรังสี ที่อยู่ในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นการวางระบบบริหารจัดการความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการที่ประกอบด้วยการสื่อสารสร้างความตระหนักรู้ แนวทางการปฏิบัติที่ดีการวางแผนมาตรการแก้ไขป้องกันการทบทวนประเมินความเสี่ยงและการจัดการที่เหมาะสมสอดคล้องตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการนั้นจะเป็นการลดความเสี่ยงจากอันตรายที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของบุคลากรการเกิดอุบัติเหตุและการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้

ผมขอขอบคุณและแสดงความชื่นชมต่อคณะทำงานความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพที่ได้จัดทำคู่มือความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ปี พ.ศ. 2563 เพื่อให้หน่วยงานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ที่เกี่ยวข้องนำไปอ้างอิง สำหรับจัดทำข้อปฏิบัติตามบริบทและภารกิจของแต่ละหน่วยงานให้สอดคล้องกับนโยบายด้านการบริหารความเสี่ยงและความมั่นคงปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของบุคลากรทุกระดับ รวมถึงสิ่งแวดล้อมด้วย



(นายแพทย์โอภาส การย์กวินพงศ์)  
อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

## คำนำ

ภารกิจหลักของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์คือการเป็นห้องปฏิบัติการอ้างอิงของประเทศ ทั้งโรคติดเชื้อและโรคไม่ติดต่อการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ปฏิบัติงานต้องคำนึงถึงความปลอดภัยและอาชีวอนามัยของตนเองของผู้ร่วมงานรวมถึงสิ่งแวดล้อมโดยปฏิบัติงานตามมาตรฐานความปลอดภัยอย่างเคร่งครัดเพื่อลดความเสี่ยงและอันตรายต่างๆที่อาจเกิดขึ้นขณะปฏิบัติหน้าที่

คณะทำงานความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพภายใต้คณะอนุกรรมการบริหารความเสี่ยงและความมั่นคงปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการได้จัดทำคู่มือความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ โดยมีเนื้อหาครอบคลุมและเป็นไปตามหลักเกณฑ์ทั้งจากพระราชบัญญัติเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ประกาศกระทรวงสาธารณสุขอื่นที่เกี่ยวข้องรวมถึงระเบียบข้อปฏิบัติที่เป็นสากลในด้านความปลอดภัยทางชีวภาพเพื่อให้คู่มือนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานของบุคลากรในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์อย่างปลอดภัยตามกฎหมายของประเทศและข้อกำหนดสากล

คู่มือฉบับนี้จัดทำและเผยแพร่เพื่อให้หน่วยงานสังกัดกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์นำไปใช้อ้างอิงหรือจัดทำวิธีปฏิบัติให้สอดคล้องและเป็นไปตามบริบทที่เกี่ยวข้องกฎหมายและข้อกำหนดต่างทั้งในและต่างประเทศมีการปรับปรุงตลอดเวลา ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมและปรับวิธีการปฏิบัติงานให้สอดคล้องเป็นปัจจุบัน

คณะทำงานความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ  
สิงหาคม 2563

# สารบัญ

	หน้า
คำนิยม	ก
คำนำ	ข
สารบัญ	ค
นิยาม คำย่อ	ง
บทที่ 1 หลักความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (Laboratory Biosafety)	1
บทที่ 2 หลักความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (Laboratory Biosecurity)	5
บทที่ 3 สัญลักษณ์และป้ายเตือนที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย (Safety Signs and Labels)	11
บทที่ 4 ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพของห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์ และวิธีการปฏิบัติงาน (Biosafety Level and Practice)	15
บทที่ 5 ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับอาคารเลี้ยงดูแลสัตว์ทดลอง (Animal Biosafety Level, ABSL)	37
บทที่ 6 การจัดการลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ (Laboratory Design)	43
บทที่ 7 ระบบบริหารจัดการความปลอดภัยและการรักษาความปลอดภัยห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ (Laboratory Biosafety and Biosecurity Management)	51
บทที่ 8 เครื่องมือที่มีผลต่อความปลอดภัยทางชีวภาพ (Safety Equipment)	57
บทที่ 9 อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment; PPE)	69
บทที่ 10 การบริหารจัดการความเสี่ยงทางชีวภาพ (Biorisk Management)	87
บทที่ 11 น้ำยาฆ่าเชื้อโรค (Disinfectant)	93
บทที่ 12 การขนส่งสารชีวภาพอันตราย (Infectious Substances Transportation)	103
บทที่ 13 การจัดการขยะติดเชื้อ (Infectious Waste Management)	107
บทที่ 14 การเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับภาวะฉุกเฉิน (Emergency Response)	115
บทที่ 15 อาชีวอนามัย (Occupation Health)	123
บทที่ 16 การปฐมพยาบาลเบื้องต้น (First Aid)	131
บทที่ 17 ความปลอดภัยทางชีวภาพและเทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรม (Biosafety and Recombinant DNA Technology)	135
บทที่ 18 การจัดการสารเคมีของห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ (Chemical Management)	139
เอกสารอ้างอิง	143
ภาคผนวก การจัดแยกประเภทสารเคมีตามการเข้ากันไม่ได้ (Incompatibility)	146

## นิยาม คำย่อ

คำศัพท์/คำย่อ	นิยาม
accidental release measures	มาตรการจัดการเมื่อมีการหกรั่วไหลของสารโดยอุบัติเหตุ
administrative control	การควบคุมด้านการบริหาร
administrative control	การควบคุมด้านบริหาร
airborne particles หรือ aerosol	อนุภาคที่แขวนลอยในอากาศ
airflow smoke patterns test	การทดสอบรูปแบบการไหลของอากาศ
air-purifying respirator	หน้ากากกรองอากาศ
Animal Biosafety Level (ABSL)	ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับอาคารเลี้ยงดูแลสัตว์ทดลอง
anteroom	ห้องเปลี่ยน
aprons	ผ้ากันเปื้อน
aseptic techniques	เทคนิคปลอดเชื้อ
assurance	การทำให้เชื่อมั่น
autoclave	เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง
baseline serum samples	ตัวอย่างซีรัมของผู้ปฏิบัติงานก่อนเริ่มการปฏิบัติงาน
battery-powered filter	ชุดเครื่องกรองอากาศแบบมีมอเตอร์เป่าอากาศ
biohazard sign	ป้ายสัญลักษณ์ชีวภัยสากล
biological hazard หรือ biohazard	สารชีวภาพอันตราย
biological indicator	ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ
biological monitoring	การตรวจสอบทางชีวภาพ
biological safety cabinet	ตู้ชีวนิรภัย
biorisk assessment	ประเมินความเสี่ยงทางชีวภาพ
biorisk management	การบริหารจัดการความเสี่ยงด้านชีวภาพ
biosafety and recombinant DNA technology	ความปลอดภัยทางชีวภาพและเทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรม
biosafety level and practice	ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพของห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์และวิธีการปฏิบัติงาน
Biosafety Level1 (BSL 1)	ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 1



คำศัพท์/คำย่อ	นิยาม
Biosafety Level1 (BSL 2)	ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 2
Biosafety Level1 (BSL 3)	ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 3
Biosafety Level1 (BSL 4)	ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 4
body protection	อุปกรณ์ป้องกันร่างกาย
breathing hose หรือ air hose	ท่อหายใจ
canopy	ท่อระบายอากาศแบบชุดฝาคอบดูดควัน
canopy connection	การต่อผ่านชุดฝาคอบดูดควัน
carriers	กระสวย
cd/m2	แรงเทียน/ตารางเมตร
chemical indicator	ตัวบ่งชี้ทางเคมี
chemical management	การจัดการสารเคมีของห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทาง การแพทย์
chemical monitoring	การตรวจสอบทางเคมี
coagulation	การจับเป็นก้อน
composition/information on ingredients	ส่วนประกอบและข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสม
consequence	ผลกระทบ
consistency	ความสม่ำเสมอ
containment	การควบคุมกักกันสารชีวภาพอันตราย
control	การควบคุม
corrosive chemicals	สารกัดกร่อน
coveralls	ชุดคลุมทั้งตัวหรือ ชุดหมี
decontamination shower	ห้องอาบน้ำฝักบัวลดการปนเปื้อน
deluge shower	ฝักบัวฉุกเฉิน
denaturation	การสลายตัว
disinfectant	น้ำยาฆ่าเชื้อโรค
disinfection	การทำลายเชื้อ
disposable	ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง
disposal considerations	มาตรการการกำจัด



คำศัพท์/คำย่อ	นิยาม
donor organism	สิ่งมีชีวิตผู้ให้
dose of infection	ปริมาณของเชื้อที่ก่อให้เกิดโรค
double door autoclave	เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูงแบบ 2 ประตู
down flow velocity test	การวัดความเร็วลมผ่านพื้นที่ปฏิบัติงาน
downward airflow	อากาศที่ไหลลงสู่พื้นที่ปฏิบัติงาน
dry heat	ความร้อนแห้ง
ecological information	ข้อมูลเชิงนิเวศน์
emergency eye wash	อุปกรณ์ล้างตาฉุกเฉิน
emergency response	การเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับภาวะฉุกเฉิน
engineering control	การควบคุมด้านวิศวกรรม
explosive chemicals	สารระเบิดได้
exposure controls/personal protection	การควบคุมการสัมผัสและการป้องกันภัยส่วนบุคคล
external chemical indicator	ตัวบ่งชี้ทางเคมีภายนอก
eye protection	อุปกรณ์ป้องกันตา
face protection	อุปกรณ์ป้องกันหน้า
face shield	กระบังป้องกันใบหน้า
facepiece	ตัวหน้ากาก
fire fighting measures	มาตรการผจญเพลิง
fire hose	ชุดท่อประปาดับเพลิง
first aid	การปฐมพยาบาลเบื้องต้น
first aid measures	มาตรการปฐมพยาบาล
flammable chemicals	สารไวไฟ
foot paddle	ระบบเปิดด้วยเท้า
foot protection	อุปกรณ์ป้องกันเท้า
full facepiece	ครอบเต็มใบหน้า
fume hood	ตู้ดูดควัน
gene expression regulators	สารควบคุมการแสดงออกของยีน
general waste	ขยะทั่วไป

คำศัพท์/คำย่อ	นิยาม
Genetically Modified Organisms (GMOs)	สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม
Good Microbiological Technique (GMT)	เทคนิคที่ดีทางจุลชีววิทยา
gown	เสื้อกาวน์
half facepiece	ครอบครึ่งใบหน้า
half-face or full-face elastomeric respirator	หน้ากากพร้อมเครื่องกรองอากาศแบบครอบครึ่งใบหน้าและเต็มใบหน้า
hand protection	อุปกรณ์ป้องกันมือ
handling and storage	การใช้และการเก็บรักษา
hard duct	การต่อกับระบบระบายอากาศแบบปิด
hazardous materials	วัตถุอันตราย
hazardous waste	ขยะมีพิษหรือของเสียอันตราย
hazards identification	ข้อมูลระบุความเป็นอันตราย
head harness	ชุดสายรัดศีรษะ
head harness pad	แผ่นยึดศีรษะ
hearing protection	อุปกรณ์ป้องกันการได้ยิน
heat treatment	ระบบการใช้ความร้อน
Heating, Ventilation And air-Conditioning (HVAC) control system	ระบบควบคุมความร้อนระบบถ่ายเทอากาศและระบบปรับอากาศ
High Efficiency Particulate Air (HEPA) filter	ตัวกรองอากาศประสิทธิภาพสูง
HEPA filter leak test	การทดสอบหารอยรั่วของ HEPA Filter
high-hazard zone	เขตอันตรายมาก
high-level disinfectant	น้ำยาฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูง
hood	ผ้าคลุมศีรษะหรือ ถังคลุมศีรษะ
hospital pneumatic tube system	การขนส่งวัตถุตัวอย่างโดยระบบท่อลมสำหรับโรงพยาบาล
host range	ชนิดของสิ่งมีชีวิตที่สามารถติดเชื้อ
hot air oven	ตู้อบร้อน
identification of the substancess/preparation and of the company/undertake	ข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมี และบริษัทผู้ผลิตและหรือจำหน่าย

คำศัพท์/คำย่อ	นิยาม
improvement	การปรับปรุง
incompatible chemicals	สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้
incubation period	ระยะฟักตัว
indicator tape หรือ autoclave tape	เทปทดสอบเคมี
infectious substances	สารชีวภาพติดเชื้อ
infectious substances transportation	การขนส่งสารชีวภาพอันตราย
infectious waste	ขยะติดเชื้อ
infectious waste management	การจัดการขยะติดเชื้อ
inflow velocity test	การวัดความเร็วลมเข้าหน้าตู้
inlet valve หรือ inhalation valve	ลิ้นทางเข้า
Institutional Biosafety Committee (IBC)	คณะกรรมการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับหน่วยงาน
intermediate-level disinfectant	น้ำยาฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพปานกลาง
internal chemical indicator	ตัวบ่งชี้ทางเคมีภายใน
International Air Transport Association (IATA)	องค์การการบินระหว่างประเทศ
International Health Regulation (IHR)	กฎอนามัยระหว่างประเทศ
inward airflow	อากาศที่ไหลเข้าด้านหน้าตู้
laboratory biosafety	ความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ
laboratory biosafety manual	คู่มือความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ
laboratory biosecurity	ความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ
laboratory coat	เสื้อคลุมห้องปฏิบัติการ
laboratory decontamination	การฆ่าเชื้อห้องปฏิบัติการ
laboratory risk assessment	การประเมินความเสี่ยงห้องปฏิบัติการ
laboratory safety officer	เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ
leak testing	การทดสอบการรั่ว
likelihood	โอกาสที่จะเกิด
low-hazard zone	เขตอันตรายน้อย
low-level disinfectant	น้ำยาฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพต่ำ

คำศัพท์/คำย่อ	นิยาม
material safety data sheet	เอกสารข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี
mechanical indicators	ตัวบ่งชี้ทางกลไกของเครื่อง
mechanical or physical monitoring	การตรวจสอบทางกลไก
medical laboratory biosafety and biosecurity management	ระบบบริหารจัดการความมั่นคงและความปลอดภัยห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์
mode of transmission	ช่องทางการติดเชื้อ
moist heat	ความร้อนชื้น
motor blower unit	มอเตอร์พร้อมพัดลมดูดอากาศ
negative pressure	แรงดันลบ
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NIST	National Institute of Standards and Technology
nonwoven polypropylene and microporous materials	วัสดุสังเคราะห์เทียมผ้า
nose cup	ครอบจมูก
occupation health	อาชีวอนามัย
original test report	ใบรับรองประสิทธิภาพของตู้จากบริษัทผู้ผลิต
outlet valve หรือ exhalation valve	ลิ้นทางออก
particulated respirator	หน้ากากกรองอากาศชนิดที่ใช้แล้วทิ้ง
performance	การทำให้ประสบผลสำเร็จ
Personal Protective Equipment (PPE)	อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล
personnel shower	ห้องอาบน้ำฝักบัว
pH	ความเป็นกรดต่าง
physical and chemical properties	คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ
physical testing	การทดสอบทางกายภาพ
plastic disposable transfer loops	ห่วงเพาะเชื้อแบบใช้แล้วทิ้ง
Powered Air Purifying Respirator (PAPR)	เครื่องกรองอากาศที่จัดส่งอากาศ
ppm	part per million
practice and procedure	การปฏิบัติและวิธีการ



คำศัพท์/คำย่อ	นิยาม
prevalence	ความชุกชุมของโรคในพื้นที่
primary barrier	ปราการด่านแรก
push bar	มือผลัก
radioactive chemicals	สารกัมมันตรังสี
recipient organism	สิ่งมีชีวิตผู้รับ
recycle waste	ขยะรีไซเคิล
regulatory information	ข้อมูลเกี่ยวกับกฎข้อบังคับ
reliably	น่าเชื่อถือ
Repetitive Strain Injuries (RSIs)	การทำงานซ้ำซาก
respirator	อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ
respiratory protection	อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ
risk	ความเสี่ยง
risk assessment	การประเมินความเสี่ยง
risk group	กลุ่มเสี่ยง
risk mitigation	การจัดการลดความเสี่ยง
safety equipment	อุปกรณ์เครื่องมือเพื่อความปลอดภัย
safety glasses	แว่นตานิรภัย
safety goggles	ครอบตานิรภัย
safety zone	เขตปลอดภัย
SDS	Safety Data Sheet
seated workstation	สถานีนั่งทำงาน
Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA)	เครื่องช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศ
severity	ความรุนแรงของโรค
shelf-life	อายุการเก็บ
site installation assessment test	การประเมินการติดตั้ง
sit-stand workstation	สถานีนั่งและยืนทำงาน
sonic disruption	การทำให้ละเอียดด้วยเสียงความถี่ต่ำ

คำศัพท์/คำย่อ	นิยาม
Standard Operating Procedure (SOP)	เอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงาน
special practices	ข้อปฏิบัติเฉพาะ/ที่จำเป็น
specific chemical indicator	ตัวบ่งชี้ทางเคมีแบบเฉพาะ
spill decontamination	การจัดการกรณีเกิดอุบัติเหตุ
stability and reactivity	เสถียรและความไวต่อการเกิดปฏิกิริยา
standard microbiological practices	มาตรฐานการปฏิบัติงานทางจุลชีววิทยา
standing workstation	สถานีงานที่ต้องยืนทำงาน
sterilization	การทำให้ปราศจากเชื้อ
strip	ฉีก
suit decontamination shower	ห้องฝักบัวลดการปนเปื้อนชุด
supplied air respirator	ชุดจัดส่งอากาศ
surgical mask	หน้ากากอนามัย
survival outside host	ความสามารถในการอยู่รอด
Technical Biosafety Committee (TBC)	คณะกรรมการเทคนิคด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ
The Globally Harmonized System of classification and labeling of chemicals (GHS)	ระบบการจำแนกและการติดฉลากสารเคมีที่เป็นระบบเดียวกันทั่วโลก
toxic chemicals	สารเป็นพิษ
toxicological information	ข้อมูลด้านพิษวิทยา
transfer	ขนส่ง
transport information	ข้อมูลสำหรับการขนส่ง
UN regulation	ข้อกำหนดขององค์การสหประชาชาติ
vector	พาหะ
viral vector	พาหะยีนที่เป็นไวรัส
virulence factors หรือ enhancers	ยีนหรือสารควบคุมความรุนแรงของเชื้อ
visor หรือ eyepiece	ช่องมอง
Voicemitter	อุปกรณ์ถ่ายทอดเสียง
work place practices หรือ standard operating procedure	มาตรฐานการปฏิบัติงาน

---

## คำศัพท์/คำย่อ

## นิยาม

---

workers

ผู้ปฏิบัติงานในขณะทำงาน

working environment

สภาพสิ่งแวดล้อมของการทำงาน

workspace

เนื้อที่ปฏิบัติงานหรือพื้นที่การทำงาน

workstation

จุดปฏิบัติงานหรือสถานีนงาน



## บทที่ 1

### หลักความปลอดภัยชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (Laboratory Biosafety)

ห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพทำงานกับสิ่งส่งตรวจจากทั้งมนุษย์และสัตว์ และ/หรือสารชีวภาพอันตราย ดังนั้น บุคลากรในห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (laboratory biosafety) เพื่อป้องกันผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการและผู้เกี่ยวข้องจากการติดเชื้อหรือการสัมผัสกับสารชีวภาพอันตราย และป้องกันไม่ให้สารชีวภาพอันตรายแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมนอกห้องปฏิบัติการโดยไม่ได้ตั้งใจ

สารชีวภาพอันตราย (biological hazard หรือ biohazard) หมายถึงสารที่มีต้นกำเนิดจากสิ่งมีชีวิตและเกิดโทษกับมนุษย์และ/หรือสัตว์ ได้แก่ จุลชีพก่อโรค เช่น ไวรัส แบคทีเรีย รา รวมทั้งสารพิษและสารก่อภูมิแพ้ที่เป็นผลผลิตหรือสร้างขึ้นจากจุลชีพพืชหรือสัตว์ เช่น สารพิษจากปลาปักเป้ารวมทั้งขยะติดเชื้อ

#### การจำแนกจุลชีพก่อโรคตามกลุ่มเสี่ยง (Risk group)

การจำแนกจุลชีพก่อโรคตามกลุ่มเสี่ยงมีความจำเป็นเพื่อใช้ในการจัดระดับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการให้เหมาะสมกับการทำงานกับจุลชีพชนิดนั้นๆ จุลชีพก่อโรคชนิดเดียวกันอาจจัดระดับความเสี่ยงแตกต่างกันในแต่ละประเทศ ทั้งนี้ขึ้นกับหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1. **คุณลักษณะของตัวเชื้อ** เช่น ปริมาณของเชื้อที่ก่อให้เกิดโรค (dose of infection) ช่องทางการติดเชื้อ (mode of transmission) ระยะเวลาฟักตัว (incubation period) ความสามารถในการอยู่รอด (survival outside host) ชนิดของสิ่งมีชีวิตที่สามารถติดเชื้อ (host range) ความรุนแรงของโรค (severity)

#### 2. วิธีการป้องกันและรักษา

3. **ความชุกชุมของโรคในพื้นที่ (prevalence)** เช่น จุลชีพก่อโรคที่พบประจำถิ่น ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง รายการเชื้อโรคที่ประสงค์ควบคุมตามมาตรา 18 พ.ศ. 2561 (ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 135 ตอนพิเศษ 301 ง 27 พฤศจิกายน 2561) ได้แบ่งเชื้อโรคออกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มเสี่ยงน้อยหรืออันตรายน้อย กลุ่มเสี่ยงปานกลางหรืออันตรายปานกลาง กลุ่มเสี่ยงสูงหรืออันตรายสูง และกลุ่มเสี่ยงสูงมากหรืออันตรายสูงมาก นอกจากนี้คู่มือความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (laboratory biosafety manual) ขององค์การอนามัยโลกได้แบ่งจุลชีพก่อโรคออกเป็น 4 กลุ่มเสี่ยงเช่นเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 1.1



## ตารางที่ 1.1 การจำแนกจุลชีพก่อโรคตามกลุ่มเสี่ยง (Risk group)

### กลุ่มเสี่ยงที่ 1 (No or low individual and community risk)

จุลชีพที่ไม่ก่อโรคในมนุษย์และสัตว์

### กลุ่มเสี่ยงที่ 2 (Moderate individual risk, low community risk)

จุลชีพที่ก่อโรคในมนุษย์หรือสัตว์แต่ไม่เป็นอันตรายร้ายแรงต่อบุคลากรในห้องปฏิบัติการชุมชนปศุสัตว์หรือสิ่งแวดล้อม การติดเชื้อในห้องปฏิบัติการอาจทำให้เกิดการติดเชื้อรุนแรงแต่มีวิธีการรักษาและการป้องกันโรคที่มีประสิทธิภาพและความเสี่ยงในการแพร่กระจายของเชื้อโรคอยู่ในวงจำกัด

### กลุ่มเสี่ยงที่ 3 (High individual risk, low community risk)

จุลชีพที่ก่อโรครุนแรงในมนุษย์หรือสัตว์แต่เชื้อไม่ติดต่อจากคนสู่คนโดยตรง มีวิธีการรักษาและการป้องกันโรคที่มีประสิทธิภาพ

### กลุ่มเสี่ยงที่ 4 (High individual risk, high community risk)

จุลชีพที่ก่อโรครุนแรงในมนุษย์หรือสัตว์และเชื้อสามารถแพร่กระจายได้ง่ายจากคนสู่คนได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ยังไม่มีวิธีการรักษาหรือการป้องกันโรคที่มีประสิทธิภาพ

## หลักความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (Laboratory biosafety)

หลักความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ คือผู้ปฏิบัติงานมีความปลอดภัยในการทำงานกับสารชีวภาพอันตราย โดยการควบคุมกักกันสารชีวภาพอันตราย (containment) ไม่ให้แพร่กระจายสู่ผู้ปฏิบัติงานและหลุดรอดออกสู่สิ่งแวดล้อมนอกห้องปฏิบัติการ การควบคุมกักกันสารชีวภาพอันตราย (containment) ทำได้โดยการจัดการควบคุม 4 ด้านให้เหมาะสม ดังนี้

1. การควบคุมด้านวิศวกรรม (Engineering control) ได้แก่ การจัดโครงสร้างทางวิศวกรรมและกายภาพของห้องปฏิบัติการ ให้เหมาะสมกับระดับความรุนแรงของจุลชีพก่อโรค ซึ่งถือว่าเป็นปราการด่านแรก (primary barrier) ในการป้องกันการติดเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เช่น การแยกห้องปฏิบัติการตามระดับความเสี่ยงของจุลชีพก่อโรค ระบบควบคุมการเข้าออกห้องปฏิบัติการ ระบบไหลเวียนอากาศ ระบบน้ำประปา ไฟฟ้า รวมถึงการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ความปลอดภัย เช่น ตู้ชีวนิรภัย เครื่องนิ่งไอน้ำแรงดันสูง เป็นต้น

2. การควบคุมด้านการบริหาร (Administrative control) ได้แก่ การบริหารจัดการในเรื่องนโยบาย การกำหนดแผนการดำเนินการ การจัดหาจัดเตรียม การดำเนินการ เพื่อสนับสนุนให้เกิดความปลอดภัยและความมั่นคงทางชีวภาพ

3. มาตรฐานการปฏิบัติงาน (Work place practices หรือ Standard operating procedure) ได้แก่ การจัดทำวิธีการปฏิบัติงานเป็นลำดับ ขั้นตอน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องถือปฏิบัติ และได้ผลลัพธ์เป็นมาตรฐานเดียวกัน ได้ผลน่าเชื่อถือ (reliably) และมีความสม่ำเสมอ (consistency) เช่น ขั้นตอนการใส่และถอดอุปกรณ์ป้องกันเฉพาะบุคคล ขั้นตอนการปฏิบัติในการเข้า

และออกห้องปฏิบัติการ วิธีปฏิบัติเมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน เป็นต้น โดยวิธีปฏิบัติมาตรฐานที่เขียนต้อง  
เหมาะสมกับการปฏิบัติงาน คำนึงถึงความปลอดภัยและลดความเสี่ยงจากการติดเชื้อเมื่อปฏิบัติงาน

**4. อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment; PPE)** การเลือกอุปกรณ์  
ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสมจะช่วยป้องกันผู้ปฏิบัติงานจากการติดเชื้อ การสัมผัสจุลชีพหรือสารชีวภาพ  
อันตราย โดยต้องคำนึงถึง ชนิดวัสดุของอุปกรณ์ป้องกัน ช่องทางการสัมผัสหรือการเข้าสู่ร่างกายของจุล  
ชีพ ระยะเวลาและความถี่ในการปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับผู้สวมใส่ และต้องมีขนาด  
เหมาะสมกับรูปร่างของผู้สวมใส่ เพื่อความสะดวกสบายในการสวมใส่ และไม่ขัดขวางการปฏิบัติงาน

การจัดการควบคุมทั้ง 4 ด้านดังกล่าว นำไปสู่การจัดระดับความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับ  
ห้องปฏิบัติการออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 1 (Biosafety level 1, BSL 1)
2. ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 2 (Biosafety level 2, BSL 2)
3. ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 3 (Biosafety level 3, BSL 3)
4. ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 4 (Biosafety level 4, BSL 4)

รายละเอียดห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยแต่ละระดับ โปรดดูรายละเอียดในบทที่ 4 ระดับความปลอดภัยทาง  
ชีวภาพของห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์และวิธีการปฏิบัติงาน





---

## บทที่ 2

### การรักษาความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (Laboratory Biosecurity)

---

บุคลากรในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพที่ทำงานกับสิ่งส่งตรวจจากผู้ป่วยและ/หรือสารชีวภาพอันตรายนอกจากต้องปฏิบัติงานตามหลักความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (laboratory biosafety) เพื่อป้องกันผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อมจากการปนเปื้อน หรือสัมผัสสารชีวภาพอันตราย ยังต้องปฏิบัติงานตามหลักการรักษาความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (laboratory biosecurity) ควบคู่ไปด้วย เพื่อป้องกันการขโมย หรือลักลอบนำสารชีวภาพอันตรายออกนอกห้องปฏิบัติการและนำไปใช้ผิดวัตถุประสงค์ทำให้เกิดอันตรายต่อประชาชนหรือสังคมภายนอก เช่น การลักลอบนำไปทำอาวุธชีวภาพ เป็นต้น

การรักษาความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (laboratory biosecurity) หมายถึง ระบบการป้องกันและควบคุมกำกับสารชีวภาพอันตรายเพื่อป้องกันการเจตนาหรือจงใจลักลอบนำสารชีวภาพอันตรายออกนอกห้องปฏิบัติการเพื่อนำไปใช้ผิดวัตถุประสงค์ก่อให้เกิดอันตรายต่อประชาชนและสังคม หลักการความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ คือ การจัดระบบการป้องกัน การควบคุมกำกับ และจัดทำบัญชีหรือมอบหมายผู้รับผิดชอบสารชีวภาพอันตรายและการเข้าถึงข้อมูลสำคัญของสารชีวภาพอันตราย

หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องจำแนกสารชีวภาพที่มีอยู่ในครอบครองหรือใช้งานออกเป็นกลุ่มเสี่ยง (risk group) 4 ระดับ ตามนิยามกลุ่มเสี่ยงขององค์การอนามัยโลก (รายละเอียดในบทที่ 1 หลักความปลอดภัยชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ) เพื่อจัดห้องปฏิบัติการหรือการจัดเก็บสารชีวภาพให้มีความปลอดภัยตามนิยามห้องปฏิบัติการชีวนิเวศระดับ 1-4 เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้ต้องพิจารณาจำแนกสารชีวภาพที่ครอบครองตามระดับการรักษาความปลอดภัยทางชีวภาพซึ่งแบ่งออกได้ 5 ระดับ คือ

1. จุลชีพไม่ก่อโรค
2. จุลชีพก่อโรคและสารพิษที่มีความเสี่ยงต่ำ หมายถึง จุลชีพก่อโรคและสารพิษที่ทำให้คนหรือสัตว์เกิดโรคและเสียชีวิตได้แต่อยู่ในวงจำกัด มีผลต่อเศรษฐกิจค่อนข้างต่ำ
3. จุลชีพก่อโรคและสารพิษที่มีความเสี่ยงปานกลาง หมายถึง จุลชีพก่อโรคและสารพิษที่ทำให้คนหรือสัตว์เกิดโรคและเสียชีวิตมีผลกระทบต่อประชาชนและเกิดความเสียหายต่อเศรษฐกิจตั้งแต่ระดับน้อยจนถึงระดับปานกลาง
4. จุลชีพก่อโรคและสารพิษที่มีความเสี่ยงสูง หมายถึง จุลชีพก่อโรคและสารพิษที่ทำให้คนหรือสัตว์เกิดโรคและเสียชีวิต มีผลกระทบต่อประชาชนและเกิดความเสียหายต่อเศรษฐกิจตั้งแต่ระดับปานกลางจนถึงระดับสูง กลุ่มนี้มักถูกนำไปทำเป็นอาวุธชีวภาพ



5. จุลชีพก่อโรคและสารพิษที่มีความเสี่ยงสูงสุด จุลชีพก่อโรคและสารพิษกลุ่มนี้ถูกจัดเป็นกลุ่มพิเศษเพราะไม่มีในธรรมชาติแต่เป็นจุลชีพที่ผ่านการดัดแปลงทางพันธุกรรมและมีแนวโน้มความเสี่ยงสูงในการนำไปใช้เป็นอาวุธชีวภาพ

หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องจัดให้ระบบบริหารจัดการความมั่นคงด้านชีวภาพที่เหมาะสมกับสารชีวภาพที่ครอบครอง โดยบริหารจัดการองค์ประกอบ ดังนี้

- การควบคุมด้านวิศวกรรม
- การจัดทำบัญชีและมอบหมายผู้รับผิดชอบ
- การบริหารงานบุคคล
- การขนส่งสารชีวภาพ
- การรักษาความปลอดภัยของข้อมูล
- แผนปฏิบัติการฉุกเฉิน

### การควบคุมด้านทางวิศวกรรม

การควบคุมด้านวิศวกรรมสำหรับการปฏิบัติงานหรือการเก็บรักษาสารชีวภาพตามระดับความเสี่ยงด้านความมั่นคงทางชีวภาพแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1. **พื้นที่ปกป้องทรัพย์สิน** ได้แก่ ตัวอาคารที่มีประตูเปิดปิด มีการควบคุมการเข้าออกของบุคคลและยานพาหนะเป็นพื้นที่ใช้ปฏิบัติงานหรือเก็บสารชีวภาพที่มีความเสี่ยงต่ำ

2. **พื้นที่ควบคุม** ได้แก่ ห้องปฏิบัติการหรือห้องที่จัดไว้จำเพาะมีประตูปิดมิดชิด ตั้งอยู่ภายในตัวอาคาร (พื้นที่ปกป้องทรัพย์สิน) พื้นที่นี้ใช้จัดเก็บสารชีวภาพที่มีความเสี่ยงปานกลาง และ/หรือเอกสารสำคัญ มีการควบคุมการเข้าออก อนุญาตให้เข้าออกได้เฉพาะเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องมีระบบตรวจสอบหรือบันทึกการเข้าออกของบุคคล นอกจากนี้ต้องมีการกำหนดเวลาทำการ เมื่อหมดเวลาทำการต้องปิดล็อกประตูและหน้าต่าง เช่น ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 2 หรือ 3 เป็นต้น

3. **พื้นที่หวงห้าม** ได้แก่ บริเวณหวงห้ามที่อยู่ภายในพื้นที่ควบคุม พื้นที่นี้ต้องมีระบบควบคุมการเข้าออก มีระบบป้องกันและตรวจจับการบุกรุกเพื่อให้แน่ใจว่าเฉพาะเจ้าหน้าที่ผู้มีอำนาจหน้าที่เท่านั้นที่เข้าถึงได้ บริเวณนี้เหมาะสำหรับการปฏิบัติงานหรือเก็บรักษาสารชีวภาพที่มีความเสี่ยงสูง และความเสี่ยงสูงสุด เช่น ห้องหรือตู้เก็บสารชีวภาพหรือตู้แช่แข็งที่มีกุญแจล็อกในห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 3 เป็นต้น

เจ้าหน้าที่หรือผู้ปฏิบัติงานทุกคนต้องทราบและปฏิบัติตามระเบียบการรักษาความมั่นคงและความปลอดภัยของหน่วยงาน ได้แก่ การควบคุมการเข้าออก การตรวจสอบบุคคลภายนอก การต้อนรับผู้มาเยือน เช่น ญาติ ผู้ดูงาน ผู้ฝึกงาน นักศึกษาฝึกงาน ในสถานที่จัดไว้ให้หรือในพื้นที่ที่ได้รับอนุญาตตามวันและเวลาที่กำหนดเท่านั้น เจ้าหน้าที่และผู้มาเยือนต้องติดป้ายแสดงตน หากไม่มีบัตรจะไม่ได้รับอนุญาตให้เข้าพื้นที่ การรายงานกรณีพบความผิดปกติหรือบุคคลภายนอก

## การจัดทำบัญชีและมอบหมายผู้รับผิดชอบ

1. หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องจัดให้มีพื้นที่ปฏิบัติงานหรือเก็บสารชีวภาพให้เหมาะสมกับระดับความเสี่ยงของสารชีวภาพ มีวิธีการควบคุมการเข้าถึงหรือใช้สารชีวภาพอย่างเหมาะสม สารชีวภาพต้องมีการติดฉลากมีการจัดทำบัญชีรายชื่อแยกเป็นรายการตามชนิด ระบุจำนวน สารชีวภาพที่ต้องควบคุมและต้องจัดทำบัญชี ได้แก่ จุลชีพก่อโรคในทุกรูปแบบสารพิษตัวอย่างจากผู้ป่วยที่พิสูจน์แล้วว่ามิใช่จุลชีพก่อโรคหรือสารพิษ สารพันธุกรรมที่มีถิ่นเกี่ยวกับจุลชีพก่อโรค รวมถึงน้ำยาหรือสารมาตรฐานที่มีสารชีวภาพด้วย

2. หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องจัดให้มีการจัดทำบัญชีการครอบครอง การนำเข้า การใช้ การเก็บรักษา และการส่งออกสารชีวภาพ ตามกฎหมายว่าด้วยเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ และมอบหมายผู้รับผิดชอบในการครอบครอง การนำเข้า การใช้ การเก็บรักษา และการส่งออกสารชีวภาพ กรณีที่มีการเก็บรักษาเชื้อบริสุทธิ์หรือเชื้อที่แยกได้จากตัวอย่างผู้ป่วย เพื่อนำไปใช้ต่อ หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องดำเนินการให้มีการจัดทำบัญชีการครอบครองเชื้อตามกฎหมายว่าด้วยเชื้อโรคและพิษจากสัตว์

การทำบัญชีสารชีวภาพควรมีข้อมูลสำคัญอย่างน้อย ดังนี้

- แหล่งที่มา วันเดือนปีที่ได้รับ ปริมาณที่ได้รับ
- เอกลักษณ์ของสารชีวภาพ เช่น ชนิดของสาร (ของแข็ง ของเหลว หรืออื่นๆ) ประวัติสายพันธุ์ เป็นต้น
- ระดับความเสี่ยงของสารชีวภาพ เช่น กลุ่มเสี่ยงของจุลชีพ (risk group 1-4) และระดับความเสี่ยงด้านความมั่นคงทางชีวภาพ (ความเสี่ยงต่ำ ความเสี่ยงปานกลาง หรือความเสี่ยงสูง)
- การเก็บรักษา ชนิดจำนวนของภาชนะบรรจุ และสถานที่หรือตำแหน่งที่เก็บรักษา
- ผู้รับผิดชอบในการใช้ การเก็บรักษา การจัดทำบัญชี
- บันทึกการใช้งาน
- การเคลื่อนย้ายหรือการแจกจ่ายสารชีวภาพ
- การทำลายข้อมูลที่บันทึกในบัญชีต้องถูกต้อง มีการทำลายเป็นระยะและข้อมูลต้องเป็นปัจจุบัน

3. หัวหน้าห้องปฏิบัติการมอบหมายหน้าที่ในการครอบครอง การนำเข้า การใช้ การเก็บรักษา การส่งออกสารชีวภาพ รวมถึงการเข้าถึงและการจัดทำบัญชีให้กับเจ้าหน้าที่ที่มีคุณสมบัติตรงตามที่ระบุไว้ในกฎหมายว่าด้วยเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ และให้มีความเหมาะสมกับสารชีวภาพตามระดับความเสี่ยง การบันทึกการทดลองในห้องปฏิบัติการ เช่น ชนิดการทดลองผู้ทดลองวันและเวลาที่ทำการทดลองให้บันทึกในแฟ้มหรือสมุดบันทึกและถือเป็นเอกสารควบคุม บันทึกที่เกี่ยวกับสารชีวภาพที่มีความเสี่ยงปานกลางขึ้นไปห้ามนำออกนอกพื้นที่ที่กำหนดไว้

4. หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องจัดส่งสำเนาบัญชีการครอบครอง การนำเข้า การใช้ การเก็บรักษา และการส่งออกสารชีวภาพ ให้เป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยเชื้อโรคและพิษจากสัตว์

5. หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องสุ่มตรวจสอบสารชีวภาพว่ามีอยู่จริง ทั้งชนิดและจำนวนต้องถูกต้องตรงกับข้อมูลในบัญชีการครอบครอง การนำเข้า การใช้ การเก็บรักษา และการส่งออกสารชีวภาพอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และบันทึกการตรวจสอบไว้เป็นหลักฐาน หากพบความผิดปกติต้องรีบรายงานผู้อำนวยการสถาบัน/โรงพยาบาล/หน่วยงาน เพื่อสอบสวนหาสาเหตุและดำเนินการแก้ไขโดยด่วน

6. หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องกำหนดวิธีการทำลายหรือการทำให้สารชีวภาพเสื่อมฤทธิ์มีการบันทึกวันและวิธีการทำลายโดยเก็บบันทึกไว้อย่างน้อย 3 ปี ทั้งนี้ให้เป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยเชื้อโรคและพิษจากสัตว์

### การบริหารงานบุคคล

1. หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องมอบหมายหน้าที่ในการครอบครอง การนำเข้า การใช้ การเก็บรักษา และการส่งออกสารชีวภาพ รวมถึงการเข้าถึงและการจัดทำบัญชีให้กับเจ้าหน้าที่ที่มีคุณสมบัติตรงตามที่ระบุไว้ในกฎหมายว่าด้วยเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ ต้องมีหลักเกณฑ์การคัดเลือกบุคลากร เช่น มีการสอบประวัติหรือทดสอบบุคลิกภาพทางอารมณ์ เจ้าหน้าที่ที่ทำงานกับสารชีวภาพที่มีความเสี่ยงสูงต้องผ่านการตรวจคัดกรองประวัติอย่างละเอียด และมีการตรวจสอบประวัติอาชญากรรมกับสำนักงานตำรวจแห่งชาติ

2. หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องตรวจสอบการทำงานของเจ้าหน้าที่ทุกระดับ หากพบว่ามีความบกพร่อง หรือพบว่าเจ้าหน้าที่มีปัญหาครอบครัวยหรือปัญหาสุขภาพจิตใจ ควรแก้ไขหรือเปลี่ยนให้ไปปฏิบัติหน้าที่อื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเจ้าหน้าที่ที่ทำงานกับสารชีวภาพความเสี่ยงสูง

3. หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องให้การอบรมหรือจัดให้มีการอบรมแก่เจ้าหน้าที่ทุกระดับในเรื่องความปลอดภัยในการทำงานกับสารชีวภาพตามความเหมาะสมกับหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย สำหรับเจ้าหน้าที่ใหม่ต้องได้รับการปฐมนิเทศและฝึกอบรมก่อนปฏิบัติงานจริงมีการประเมินความรู้ความสามารถอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และควบคุมกำกับให้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติตามระเบียบเรื่องความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการอย่างเคร่งครัด

4. หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องสอดส่องไม่ให้มีบุคคลภายนอกเข้ามาในห้องปฏิบัติการ การต้อนรับญาติหรือผู้มาเยือนให้กระทำในสถานที่ที่สถาบันจัดไว้ให้เท่านั้น

### การขนส่งสารชีวภาพ

การนำเข้าหรือส่งออกสารชีวภาพต้องปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ สำหรับการขนส่งหรือเคลื่อนย้ายสารชีวภาพระหว่างประเทศให้ปฏิบัติตามข้อกำหนดหรือกฎระเบียบของเมืองรัฐหรือประเทศและตามข้อกำหนดของ International Air Transport Association (IATA)

## การรักษาความปลอดภัยของข้อมูล

บัญชีการครอบครอง การนำเข้า การใช้ การเก็บรักษา การส่งออกสารชีวภาพ และบันทึกการทดลองในห้องปฏิบัติการ ถือเป็นเอกสารควบคุม ห้องปฏิบัติการต้องรักษาความมั่นคงของเอกสาร และปฏิบัติตามระเบียบหรือวิธีปฏิบัติในการรักษาความมั่นคงของเอกสารของหน่วยงาน

เอกสารหรือข้อมูลสารชีวภาพที่มีระดับความเสี่ยงตั้งแต่ปานกลางขึ้นไปถือเป็นข้อมูลลับและต้องเก็บในพื้นที่ควบคุมหรือพื้นที่หวงห้าม การเข้าถึงเอกสารข้อมูลได้เฉพาะผู้ที่ได้รับมอบหมายเท่านั้น หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องมีการตรวจสอบว่าไม่มีการลักลอบนำเอกสารออกนอกพื้นที่ที่กำหนด การเปิดเผยหรือเผยแพร่เอกสารข้อมูลต้องได้รับการอนุมัติจากผู้อำนวยการสถาบัน/โรงพยาบาล/หน่วยงาน

การทำลายเอกสารหรือข้อมูลสารชีวภาพที่มีระดับความเสี่ยงตั้งแต่ปานกลางขึ้นไป จะต้องได้รับอนุมัติจากผู้อำนวยการสถาบัน/โรงพยาบาล/หน่วยงานมีการบันทึกการทำลายเอกสารเก็บไว้เป็นหลักฐานการทำลายเอกสารโดยใช้เครื่องตัดย่อยกระดาษเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย หรือโดยการเผา หากข้อมูลเก็บในแผ่นซีดีหรืออื่นๆให้ทุบทำลายให้สิ้นสภาพและการทำลายเอกสารข้อมูลกระทำโดยผู้ที่ได้รับมอบหมายเท่านั้น หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องมีการตรวจสอบให้มั่นใจว่ามีการทำลายเอกสารจริง และเอกสารไม่ถูกลักลอบนำออกจากห้องปฏิบัติการ

## แผนปฏิบัติการฉุกเฉิน

หัวหน้าห้องปฏิบัติการจะต้องประเมินความเสี่ยงทางชีวภาพ (Biorisk Assessment) การครอบครอง การใช้ การเก็บรักษา และการส่งออกสารชีวภาพจัดทำแผนลดความเสี่ยงหรือแผนพัฒนาระบบบริหารความปลอดภัยประจำปี และดำเนินการตามแผนแผนปฏิบัติการประจำปีต้องประกอบด้วยอย่างน้อย ดังนี้

1. แผนการฝึกอบรมบุคลากรทุกคนต้องได้รับการอบรมหลักสูตรความมั่นคงและปลอดภัยทางชีวภาพ ให้เหมาะสมกับบทบาทและหน้าที่ความรับผิดชอบในการปฏิบัติงานกับสารชีวภาพระดับความเสี่ยงต่างๆมีการประเมินความรู้ก่อนและหลังการอบรม
2. แผนทำความสะอาดการบำรุงรักษา และการซ่อมแซม วัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบความปลอดภัย พื้นที่ควบคุมและพื้นที่หวงห้ามต้องมีการฝึกอบรมตั้งแต่ก่อนเริ่มปฏิบัติหน้าที่และต้องมีการอบรมฟื้นฟูประจำปี
3. แผนการพัฒนาการบริหารความปลอดภัยห้องปฏิบัติการอย่างต่อเนื่อง
4. แผนปฏิบัติการในสถานการณ์ฉุกเฉิน เช่น ไฟฟ้าดับ ภัยพิบัติ การโจรกรรม และมีวิธีปฏิบัติในสถานการณ์ต่างๆ ได้แก่ การระงับเหตุ การรายงาน และการเก็บรักษาพยานทางคดี เป็นต้น และต้องมีการฝึกซ้อมแผน





---

### บทที่ 3

## สัญลักษณ์และป้ายเตือนที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย

### (Safety Signs and Labels)

---

ในบทนี้จะกล่าวเฉพาะสัญลักษณ์และป้ายเตือนด้านชีวภาพและทั่วไปเท่านั้น

#### สัญลักษณ์เครื่องหมายชีวภัยสากล

การปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์เกี่ยวข้องกับสารชีวภาพซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานดังนั้นห้องปฏิบัติการต่างต้องมีป้ายสัญลักษณ์ชีวภัยสากล (รูปที่ 3.1) เพื่อแสดงระดับของการป้องกันและควบคุมภายในห้อง และแสดงถึงวิธีการดำเนินงานตามระดับของการป้องกันและควบคุมของห้องปฏิบัติการโดยห้องปฏิบัติการที่มีการปฏิบัติงานกับจุลชีพในกลุ่มเสี่ยงที่ 2 ขึ้นไปต้องติดสัญลักษณ์ชีวภัยสากล ไว้ที่ตำแหน่งดังนี้

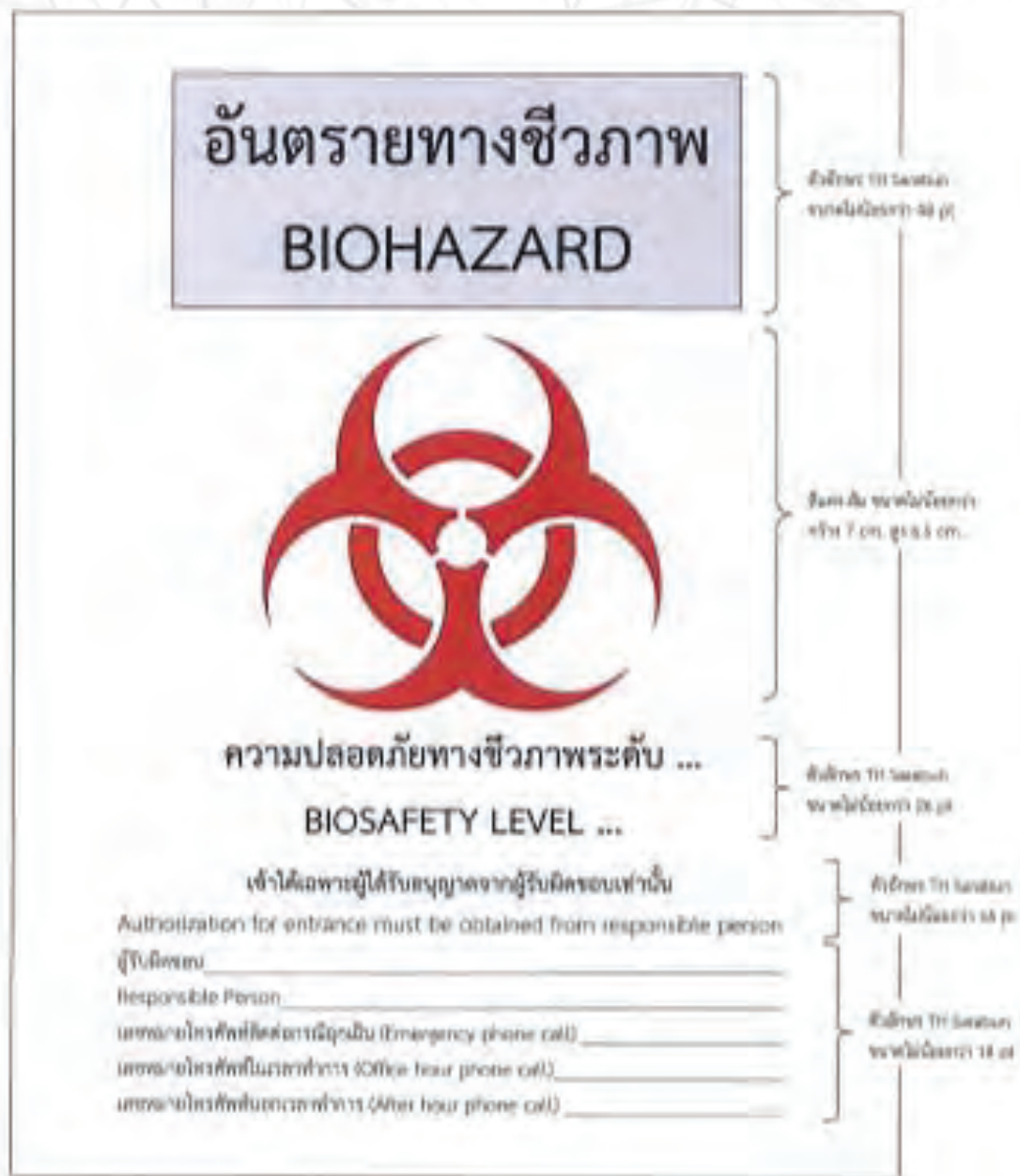
- ประตูทางเข้าห้องปฏิบัติการควรติดป้ายติดประตูห้องปฏิบัติการจากรูปที่ 3.2
- ตู้เย็น/ตู้แช่แข็ง ที่เกี่ยวข้องกับจุลชีพ
- ภาชนะหรือเครื่องมือที่สัมผัสกับสารชีวภาพ



รูปที่ 3.1 สัญลักษณ์ชีวภัยสากล

ที่มา: [http://www.who.int/ihr/training/laboratory\\_quality/5\\_c\\_annex\\_A-D\\_sample\\_manage.pdf?ua=1](http://www.who.int/ihr/training/laboratory_quality/5_c_annex_A-D_sample_manage.pdf?ua=1)

ป้ายสัญลักษณ์อันตรายทางชีวภาพต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 10 ซม. คูณ 10 ซม. และไม่เกินกว่า 40 ซม. คูณ 40 ซม. เว้นแต่ระบุไว้เป็นอย่างอื่น ความกว้างของสัญลักษณ์ควรมีความกว้างประมาณ 1 ใน 4 ของพื้นผิวที่ปรากฏ สัญลักษณ์และพื้นหลังต้องเป็นสีที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ป้ายสัญลักษณ์และข้อความตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ลักษณะของสถานที่ผลิตและมีไว้ในครอบครอง และการดำเนินการเกี่ยวกับเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2561 ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ป้ายสัญลักษณ์อันตรายทางชีวภาพตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ลักษณะของสถานที่ผลิตและมีไว้ในครอบครอง และการดำเนินการเกี่ยวกับเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2561

## ป้ายเตือนทั่วไป

จัดให้มีป้ายเตือนที่จำเป็นและป้ายบอกทางออกฉุกเฉินภายในห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นป้ายที่ใช้แสดงทางออกฉุกเฉินหรือทางหนีภัย มีไฟสว่างในตัว ซึ่งสว่างไม่น้อยกว่า 8 แสงเทียน/ตารางเมตร ( $\text{cd/m}^2$ ) ตลอดเวลาที่มีคนใช้อาคารโดยป้ายที่ใช้ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน เช่น สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.) ตัวอย่างดังนี้

ลักษณะป้ายเตือน	ความหมาย
	ป้ายปฐมพยาบาล
	ป้ายโทรศัพท์ฉุกเฉิน
	ป้ายที่ล้างตาฉุกเฉิน
	ป้ายฝักบัวอาบน้ำฉุกเฉิน
	ป้ายให้ตรงไป
	ป้ายทางออก
	ป้ายทางหนีไฟ
	ป้ายตำแหน่งถังดับเพลิง
	ป้ายสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้
	ป้ายเตือนภัยจากรังสีสัญลักษณ์เตือนภัยจากรังสี ที่ใช้เป็นมาตรฐาน มีรูปเป็นใบพัด (Cross-hatched) 3 แฉก มีสีม่วงอ่อน ม่วงเข้ม หรือดำ (magenta, purple, black) บนพื้นสีเหลือง โดยมีข้อกำหนด ดังนี้ มีพื้นที่ส่วนที่เป็นใบพัด 3 แฉก และวงกลมตรงกลาง เป็นสีม่วงอ่อน สีม่วงเข้ม หรือสีดำ มีสีพื้นเป็นสีเหลือง



ลักษณะป้ายเตือน	ความหมาย
	ป้ายระวังพื้นลื่น
	ป้ายห้ามเก็บอาหาร
	ป้ายล้างมือให้สะอาด
	ป้ายระวังของร้อน
	ป้ายระวังไฟฟ้าแรงสูง
	ป้ายห้ามนำสัตว์เลี้ยงเข้ามาในห้องปฏิบัติการ
	ป้ายห้ามสูบบุหรี่

## บทที่ 4

### ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพของห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์ และวิธีการปฏิบัติงาน (Biosafety Level and Practice)

การจัดจำแนกจุลชีพออกเป็นกลุ่มเสี่ยง (รายละเอียดในบทที่ 1 หลักความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ) มีประโยชน์ในการใช้เป็นข้อมูลการดำเนินการจัดการความเสี่ยงในขั้นตอนของการประเมินความเสี่ยง (risk assessment) เพื่อวางแผนในการจัดการลดความเสี่ยง (risk mitigation) จากการปฏิบัติงานกับจุลชีพนั้น นำมาซึ่งความปลอดภัยทางชีวภาพทั้งต่อผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม รายละเอียดการประเมินความเสี่ยงโปรดดูรายละเอียดในบทที่ 10 การบริหารจัดการความเสี่ยงด้านชีวภาพ

ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพของห้องปฏิบัติการสร้างขึ้นเพื่อเป็นมาตรการในการป้องกันหรือลดโอกาสการติดเชื้อของผู้ปฏิบัติงานผู้เกี่ยวข้อง และการแพร่กระจายเชื้อสู่สิ่งแวดล้อมสามารถแบ่งได้เป็น

#### 4 ระดับ ดังนี้

1. ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 1 (Biosafety level 1; BSL 1)
2. ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 2 (Biosafety level 2; BSL 2)
3. ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 3 (Biosafety level 3; BSL 3)
4. ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 4 (Biosafety level 4; BSL 4)

ในแต่ละระดับความปลอดภัยที่เพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้นในการป้องกันผู้ปฏิบัติงาน และสิ่งแวดล้อมจากการสัมผัสจุลชีพจากห้องปฏิบัติการ โดยมีการเพิ่มขึ้นของข้อกำหนดเกี่ยวกับระเบียบ/วิธีปฏิบัติงาน เครื่องมือ และลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ

#### ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 1 (Biosafety level 1; BSL 1)

ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 1 เหมาะสำหรับการเรียน การสอน และงานวิจัยพื้นฐานเกี่ยวกับจุลชีพที่ไม่ก่อโรค ซึ่งมีความเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน และสิ่งแวดล้อมน้อยมากอย่างไรก็ตามข้อกำหนดและแนวทางระเบียบการปฏิบัติงานสำหรับห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 1 มีความสำคัญเนื่องจากเป็นพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับที่สูงขึ้นต่อไปรายละเอียดที่สำคัญดังนี้

##### ก. มาตรฐานการปฏิบัติงานทางจุลชีววิทยา (Standard microbiological practices)

1. การปฏิบัติงานยึดหลักใช้เทคนิคทางจุลชีววิทยาที่ดีหรือ Good Microbiological Technique (GMT) และเทคนิคปลอดเชื้อ (aseptic techniques) ขึ้นกับความจำเป็นของงาน
2. ไม่ใช้ปากดูดสารละลายโดยตรงจากไปเปต
3. ห้ามดื่ม รับประทานอาหาร สูดบุหรี่ ใส่คอนแทคเลนส์ หรือแต่งหน้าในห้องปฏิบัติการ
4. ไม่เล่นหรือหยอกล้อกันขณะปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ
5. ไม่เก็บอาหารไว้ในห้องปฏิบัติการ

6. ล้างมือหลังสัมผัสสารเคมี สิ่งปนเปื้อนจุลชีพหรือก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ
7. ผู้ปฏิบัติงานต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ เช่น เสื้อคลุมห้องปฏิบัติการ (laboratory coat) หรือ เสื้อกาวน์ (gown) แว่นตาป้องกัน (safety glasses)
8. ไม่ใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่ใช้ในห้องปฏิบัติการออกนอกห้องปฏิบัติการ
9. ต้องทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงานเพื่อลดการปนเปื้อนหลังเสร็จสิ้นการปฏิบัติงาน หลังจากเกิดการหกหรือไหลของสารเคมีหรือสิ่งปนเปื้อนจุลชีพหรืออย่างน้อยวันละครั้ง ด้วยวิธีที่เหมาะสม
10. หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องแน่ใจว่าผู้ปฏิบัติงานได้รับการฝึกอบรมที่เหมาะสม

#### ข. ข้อปฏิบัติเฉพาะ/ ที่จำเป็น (Special practices)

ไม่มี

#### ค. อุปกรณ์เครื่องมือเพื่อความปลอดภัย (Safety equipment)

ไม่มี

#### ง. การออกแบบและสิ่งอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการ (Laboratory facilities)

1. ห้องปฏิบัติการไม่จำเป็นต้องแยกจากพื้นที่สาธารณะ
2. ห้องปฏิบัติการต้องถูกออกแบบให้ใช้วัสดุที่ง่ายต่อการทำความสะอาด
3. พื้นต้องไม่ลื่น
4. ต้องมีประตูซึ่งควรทำจากวัสดุที่มีคุณสมบัติทนไฟ ควรมีช่องมองให้สามารถเห็นภายในห้องปฏิบัติการได้
5. ต้องมีพื้นที่เพียงพอเพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน การทำความสะอาด และการบำรุงรักษา
6. ควรมีแสงสว่างเพียงพอต่อการปฏิบัติงานและหลีกเลี่ยงการเกิดแสงสะท้อนหรือแสงที่จ้าเกินไป
7. โต๊ะปฏิบัติการต้องมีพื้นผิวที่สามารถป้องกันน้ำซึมผ่านทนน้ำยาฆ่าเชื้อกรดด่างสารทำลายอินทรีย์และความร้อนระดับปานกลางได้
8. เฟอร์นิเจอร์ในห้องปฏิบัติการต้องมีความมั่นคงมีพื้นที่ว่างระหว่างข้างใต้โต๊ะตู้และอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้สามารถทำความสะอาดได้ทั่วถึง
9. ต้องมีพื้นที่เก็บของเพียงพอสำหรับการปฏิบัติงานไม่ควรเก็บของบนโต๊ะปฏิบัติการหรือบนทางเดินในกรณีที่ต้องเก็บของเป็นเวลานานและจำนวนมากควรมีห้องเก็บของเฉพาะแยกออกจากห้องปฏิบัติการ
10. ควรมีพื้นที่สำหรับเก็บสารตัวทำละลาย สารกัมมันตรังสี ก๊าซเหลว และก๊าซอัดความดัน
11. ควรมีพื้นที่สำหรับจัดเก็บเสื้อผ้าและของใช้ส่วนตัวของบุคลากรไว้ภายนอกห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 4.1 ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 1

ที่มา: <http://www.biocontencion.com/bioseguridad.php>

12. ต้องจัดหาพื้นที่สำหรับรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือบริเวณพักผ่อนสำหรับบุคลากรไว้ภายนอกห้องปฏิบัติงาน
13. ควรมีอ่างล้างมือ
14. ระบบความปลอดภัยต้องครอบคลุมถึงอันตรายจากอัคคีภัยไฟฟ้า และควรมีฝักบัวอาบน้ำ อ่างล้างตาหรืออุปกรณ์สำหรับล้างตาสำหรับกรณีฉุกเฉิน
15. ควรมีพื้นที่หรือห้องปฐมพยาบาลและอุปกรณ์ที่จำเป็นที่สามารถใช้สำหรับการปฐมพยาบาลเบื้องต้นกรณีจำเป็นได้
16. หากมีหน้าต่างที่สามารถเปิดปิดได้ ต้องมีการติดตั้งมุ้งลวดป้องกันแมลง
17. หากมีการใช้แก๊ส ต้องมีการบำรุงรักษาระบบการติดตั้งที่ดีและสม่ำเสมอ
18. ห้องปฏิบัติการและห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองอาจเป็นเป้าหมายของบุคคลผู้ไม่หวังดี ดังนั้นจึงต้องจัดระบบรักษาความมั่นคงทางด้านกายภาพ การป้องกันอัคคีภัยเช่นการมีประตูที่แข็งแรงและการใช้กุญแจเฉพาะ เป็นต้น
19. ต้องติดป้ายสัญลักษณ์เตือนอันตราย (hazard sign) ที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสม เช่น แสงยูวี สารรังสี หน้าประตูทางเข้าห้องปฏิบัติการเครื่องมือถึงขยะ เป็นต้น

## ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 2 (Biosafety level 2; BSL 2)

ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับที่ 2 เหมาะสำหรับงานวิจัย การตรวจวินิจฉัยและการตรวจวิเคราะห์เบื้องต้น ที่เกี่ยวกับจุลชีพก่อโรคในมนุษย์หรือในสัตว์ แต่ไม่รุนแรงเป็นโรคที่สามารถป้องกันและ



รักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ไวรัสหัด, *Staphylococcus aureus*, *Neisseria gonorrhoeae* เป็นต้น หรือเป็นการปฏิบัติงานที่ต้องเกี่ยวข้องกับสิ่งส่งตรวจจากผู้ป่วย ดังนั้นห้องปฏิบัติการชั้นสูตรโรคและห้องปฏิบัติการที่ให้บริการทางการแพทย์การสาธารณสุขทางคลินิกหรือห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาลจึงจำเป็นต้องมีระดับมาตรการความปลอดภัยชีววิทยาระดับ 2 ขึ้นไปเนื่องจากบุคลากรในห้องปฏิบัติการสามารถติดเชื้อจากการสัมผัสกับสิ่งส่งตรวจจากผู้ป่วยได้ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ข้อกำหนดและแนวทางระเบียบการปฏิบัติงานสำหรับห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 2 จึงเป็นพื้นฐานที่จำเป็นยิ่งสำหรับห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับที่สูงขึ้นต่อไป รายละเอียดที่สำคัญดังนี้

#### ก. มาตรฐานการปฏิบัติงานทางจุลชีววิทยา (Standard microbiological practices)

ให้ใช้หลักเกณฑ์การทำงานเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 1 โดยมีเพิ่มเติมดังนี้

1. ขณะอยู่ภายในห้องปฏิบัติการผู้ปฏิบัติงานต้องไม่นำวัสดุใดๆเข้าปากเช่น กัดปากกา
2. ผู้ปฏิบัติงานต้องไม่แต่งกายที่รุ่มร่ามหรือสวมเครื่องประดับที่รุงรัง
3. ผู้ปฏิบัติงานที่มีผมยาวต้องรวบผมหรือใส่สวมหมวกคลุมผมให้เรียบร้อย
4. ผู้ปฏิบัติงานต้องไม่จับ ตา จมูก ฯลฯ หรืออุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องขณะสวมถุงมือปฏิบัติงาน
5. ห้ามแขวนหรือเก็บเสื้อกาวน์หรืออุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลอื่นๆรวมกับเสื้อผ้าทั่วไป
6. ผู้ปฏิบัติงานต้องล้างมืออย่างเหมาะสมทุกครั้งหลังจากการปฏิบัติงานกับจุลชีพหรือสิ่งปนเปื้อนจุลชีพหลังถอดชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล และก่อนออกจากห้องปฏิบัติการหากไม่มีอ่างล้างมือต้องทำการถูมือด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อหรือแอลกอฮอล์เจล และล้างมือทันทีที่สามารถทำได้
7. ต้องทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงานเพื่อลดการปนเปื้อนหลังเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานหลังจากเกิดการหกหรือไหลของสารเคมีหรือสิ่งปนเปื้อนจุลชีพ หรืออย่างน้อยวันละครั้ง ด้วยวิธีที่เหมาะสม
8. ควรจำกัดหรือหลีกเลี่ยงการใช้เข็มฉีดยาและกระบอกฉีดยาให้น้อยที่สุดและไม่ควรใช้เข็มฉีดยาชุดของเหลวแทนการใช้ไปเปิด
9. ต้องมีมาตรการป้องกัน กรณีต้องทำกิจกรรมที่อาจทำให้เกิดละอองสิ่งปนเปื้อนจุลชีพฟุ้งกระจาย

#### ข. ข้อปฏิบัติเฉพาะ/ ที่จำเป็น (Special practices)

ให้ใช้หลักเกณฑ์การทำงานเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 1 โดยมีเพิ่มเติมดังนี้

1. ผู้บริหารหน่วยงานต้องวางแผนการจัดการและพัฒนาความปลอดภัยทางชีวภาพของห้องปฏิบัติการ
2. หัวหน้าห้องปฏิบัติการควรเป็นผู้ให้คำแนะนำต่อผู้บริหารหน่วยงานในการจัดการฝึกอบรมที่เหมาะสมให้กับบุคลากรทั้งนี้ต้องจัดให้มีการฝึกอบรมอย่างสม่ำเสมอ
3. ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการต้องได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับอันตรายที่อาจเกิดขึ้นขณะปฏิบัติงานต้องอ่านทำความเข้าใจและปฏิบัติตามคู่มือความปลอดภัยของหน่วยงานโดยเอกสารคู่มือด้านความปลอดภัยต้องมีอยู่พร้อมใช้ในห้องปฏิบัติการ

4. หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องมั่นใจว่าผู้ปฏิบัติงานทุกคนเข้าใจเกี่ยวกับอันตรายและความเสี่ยงที่เกี่ยวข้อง ระเบียบปฏิบัติงานต่างๆ และคู่มือความปลอดภัยของหน่วยงาน
5. ต้องรายงานหัวหน้าห้องปฏิบัติการหากเกิดการหกรั่วไหลของจุลชีพหรือเมื่อสัมผัสกับสิ่งปนเปื้อนจุลชีพและต้องทำการบันทึกอุบัติเหตุดังกล่าวไว้ทุกครั้ง
6. ต้องจำกัดการเข้าออกห้องปฏิบัติการ โดยเจ้าหน้าที่ที่ได้รับอนุญาตเท่านั้นที่สามารถเข้าห้องปฏิบัติการได้
7. ประตูห้องปฏิบัติการต้องปิดอยู่เสมอ
8. ห้ามเด็กเข้าห้องปฏิบัติการ
9. ห้ามนำสัตว์หรือพืชที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าห้องปฏิบัติการยกเว้นกรณีที่ต้องใช้เพื่อการทดลองหรือเฉพาะกรณีได้รับอนุญาตเท่านั้น
10. ห้องปฏิบัติการต้องสะอาด เป็นระเบียบเรียบร้อยอยู่เสมอไม่เก็บสิ่งของที่ไม่ได้ใช้ในการปฏิบัติงานไว้ภายในห้องปฏิบัติการ
11. ต้องทำการลดการปนเปื้อนพื้นผิวการทำงานด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อที่เหมาะสมหลังเสร็จงาน และหลังมีการหกรั่วไหลของสิ่งปนเปื้อนจุลชีพทุกครั้ง
12. ต้องปฏิบัติงานในตู้ชีวนิรภัย (Biological Safety Cabinet; BSC) สำหรับกรณีที่น่าจะก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของสิ่งปนเปื้อนจุลชีพได้ง่าย จุลชีพมีปริมาณมาก หรือมีความเข้มข้นสูง
13. ผู้ปฏิบัติงานทุกคนต้องได้รับการประเมินด้านสุขภาพ การเฝ้าระวังด้านสุขภาพ การป้องกันและการรักษากรณีที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานกับจุลชีพก่อโรคในห้องปฏิบัติการโดยต้องมีการเก็บรักษาทะเบียนประวัติสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานที่เหมาะสมเพื่อตรวจติดตามและสำรวจโรคในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานซึ่งอาจเกิดการเจ็บป่วยจากการปฏิบัติงานกิจกรรมที่ควรทำ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์นี้ได้แก่
  - 13.1 การให้วัคซีน
  - 13.2 การตรวจค้นหาโรคที่อาจเกิดจากการปฏิบัติงาน โดยควรทำเป็นระยะอย่างสม่ำเสมอ
  - 13.3 การแยกผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อจากการปฏิบัติงานที่เสี่ยง (เช่น หญิงตั้งครรภ์ผู้ที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่อง)
  - 13.4 การตรวจสุขภาพผู้ปฏิบัติงานก่อนรับเข้าปฏิบัติงานโดยเน้นการประเมินการเจ็บป่วยที่อาจเกิดจากการทำงาน
  - 13.5 การให้ความรู้กับผู้ปฏิบัติงานที่เป็นสุขภาพสตรีที่อยู่ในวัยตั้งครรภ์เกี่ยวกับจุลชีพก่อโรคซึ่งอาจทำให้เกิดการแท้งบุตรเช่นไวรัสหัดเยอรมัน (Rubella virus)
  - 13.6 การจัดหาอุปกรณ์ตลอดจนมาตรการป้องกันอันตรายให้เพียงพอสำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ
14. ต้องมีการจัดการแยกขยะระหว่างขยะปนเปื้อนจุลชีพหรือขยะติดเชื้อและขยะไม่ติดเชื้อออกจากกันอย่างชัดเจนเหมาะสม

15. ต้องมีการจัดการเฉพาะสำหรับวัสดุมีคมที่ปนเปื้อนจุลชีพและไม่ปนเปื้อนเช่นเข็มฉีดยามัด ผ่าตัดใบมีดพิเศษแก้วแตก วัสดุเหล่านี้ต้องทิ้งในภาชนะเฉพาะที่เหมาะสมและมีการจัดการอย่างเหมาะสม
16. ควรมีการทำลายจุลชีพในขยะติดเชื้อก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ ตามวิธีที่หน่วยงาน กำหนดซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดระดับประเทศหรือระดับนานาชาติ
17. สิ่งปนเปื้อนจุลชีพต้องได้รับการฆ่าเชื้อก่อนทิ้งด้วยวิธีทางเคมีหรือทางกายภาพที่เหมาะสม
18. ต้องมีการทำลายจุลชีพในวัสดุปนเปื้อนทุกครั้งก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ตามวิธีที่หน่วยงาน กำหนด หรือข้อกำหนดระดับชาติหรือระดับนานาชาติ
19. การทำลายจุลชีพหรือวัสดุปนเปื้อนจุลชีพด้วยเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง (autoclave) ซึ่ง อยู่นอกห้องปฏิบัติการแต่อยู่ภายในหน่วยงาน ผู้ปฏิบัติงานต้องทำการบรรจุในภาชนะที่เหมาะสม มีฝาปิด มิดชิด สามารถป้องกันการรั่วไหล การแทงทะลุได้ในระหว่างทำการขนย้ายไปยังเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง
20. การบรรจุและการขนส่งวัสดุปนเปื้อนจุลชีพจากห้องปฏิบัติการต้องเป็นไปตามระเบียบ ของหน่วยงานหรือข้อกำหนดระดับชาติหรือระดับนานาชาติ
21. เข็มฉีดยาที่ใช้แล้วห้ามนำกลับไปสวมปลอกอีกครั้งไม่ถอดเข็มออกจากกระบอกฉีดยา หรือบดเข็ม และต้องทิ้งในภาชนะที่ใช้ทิ้งเฉพาะ โดยต้องทิ้งขยะประมาณสามในสี่ของภาชนะ ไม่ควร บรรจุจนเต็ม แล้วนำไปเผาหรืออาจนึ่งฆ่าเชื้อก่อนเผา และห้ามนำขยะเหล่านี้ไปทิ้งในที่ทิ้งขยะสาธารณะ
22. ผู้ปฏิบัติงานต้องสวมใส่ชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสมทุกครั้งขณะปฏิบัติงาน ในห้องปฏิบัติการรวมถึงการสวมใส่และถอดออกต้องปฏิบัติด้วยวิธีที่ถูกต้อง
23. ต้องเปลี่ยนถุงมือทุกครั้งหลังมีการปนเปื้อนหรือขาด และทิ้งเป็นขยะติดเชื้อ
24. ห้ามใส่รองเท้าเปิดปลายนิ้วเท้าในห้องปฏิบัติการ
25. ห้องปฏิบัติการต้องมีโปรแกรมหรือวิธีการควบคุมหนูและแมลงรบกวน

### ค. อุปกรณ์เครื่องมือเพื่อความปลอดภัย (Safety equipment)

การใช้เครื่องมือด้านความปลอดภัยจะช่วยลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการได้เครื่องมือที่ใช้ต้องเหมาะสมกับการปฏิบัติงานมีคุณลักษณะ ได้แก่

- ต้องเป็นเครื่องมือที่ป้องกันหรือลดโอกาสการสัมผัสจุลชีพของผู้ปฏิบัติงาน
- ต้องทำจากวัสดุที่สามารถป้องกันของเหลวซึมผ่านและทนต่อการกัดกร่อนได้
- ต้องไม่มีส่วนแหลมคมหรือส่วนที่อาจเป็นอันตรายขณะมีการเคลื่อนที่
- ต้องใช้งานง่าย สะดวกต่อการดูแลรักษาการทำความสะอาดขจัดสิ่งปนเปื้อนได้รับการรับรองคุณภาพและหลีกเลี่ยงส่วนประกอบที่เป็นเครื่องแก้วหรือวัสดุที่แตกหักได้

นอกจากนี้ ต้องศึกษาคุณลักษณะด้านความปลอดภัยของเครื่องมือแต่ละชิ้นก่อนซื้อและก่อนการใช้งานเครื่องมือพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการชีวโมเลกุลระดับ 2 ตัวอย่างเช่น

1. เครื่องดูดปล่อยของเหลว (pipetting aids) เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ปากดูด
2. ตู้ชีวนิรภัย (Biological Safety Cabinet; BSC) ใช้ในกรณีเช่น

- เมื่อต้องทำงานกับสิ่งปนเปื้อนจุลชีพ เช่น การปั่นเหวี่ยงสิ่งปนเปื้อนจุลชีพในตู้ขึ้นเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจาย
  - เมื่อมีความเสี่ยงต่อการเกิดการติดเชื้อผ่านทางเดินหายใจ
  - เมื่อขั้นตอนการทดลองมีความเสี่ยงต่อการฟุ้งกระจายของละอองของเหลวปนเปื้อนจุลชีพ เช่น การบดการปั่นเหวี่ยงการผสมการเขย่าการทำให้ละเอียดด้วยเสียงความถี่ต่ำ (sonic disruption) การเปิดภาชนะบรรจุวัสดุติดเชื้อที่มีความดันภายในภาชนะแตกต่างจากความดันบรรยากาศปกติ เป็นต้น
3. ห่วงพาสเจอร์ใช้แบบใช้แล้วทิ้ง (plastic disposable transfer loops) ภายในตู้ชีวนิรภัย เพื่อป้องกันการเกิดละอองเชื้อฟุ้งกระจายแทนการใช้ตะเกียงไฟฟ้าสำหรับเผาห่วงพาสเจอร์เชื้อ
4. หลอดและขวดฝาเกลียว
5. เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง (autoclave) หรือเครื่องมืออื่นที่เหมาะสมสำหรับลดการปนเปื้อนไม่จำเป็นต้องอยู่ภายในห้องปฏิบัติการ สามารถอยู่ภายในหน่วยงาน ซึ่งสามารถไปใช้งานได้
6. Pasteur pipettes แบบพลาสติกใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ไปเปิดแก้ว
7. เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง ตู้ชีวนิรภัยต้องได้รับการตรวจสอบการใช้งานด้วยวิธีที่ถูกต้อง เหมาะสมก่อนใช้งานและเป็นประจำอย่างน้อยปีละครั้งตลอดอายุการใช้งาน โปรดดูรายละเอียดในบทที่ 8 เครื่องมือที่มีผลต่อความปลอดภัยทางชีวภาพ

### ง. การออกแบบและสิ่งอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการ (Laboratory facilities)

การออกแบบและสิ่งอำนวยความสะดวกของห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 2 มีส่วนที่เพิ่มเติมจากห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 1 ดังนี้

1. ผนังเพดานและพื้นห้องควรมีผิวเรียบง่ายต่อการทำความสะอาดของเหลวไม่สามารถซึมผ่านได้ทนต่อสารเคมีและน้ำยาฆ่าเชื้อที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ
2. ประตูต้องสามารถล็อกได้
3. ต้องมีอ่างล้างมือก๊อกน้ำควรเป็นแบบชนิดที่ไม่ใช้มือเปิดปิดเช่นแบบเปิดปิดด้วยศอก เข่า หรือเหยียบ เป็นต้นและควรอยู่ใกล้บริเวณประตูทางออก
4. หากมีการออกแบบก่อสร้างห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 2 แห่งใหม่ต้องคำนึงถึงการติดตั้งระบบระบายอากาศ โดยอากาศที่ไหลเข้าภายในห้องปฏิบัติการไม่ควรเป็นอากาศที่ระบายออกจากห้องปฏิบัติการแล้ววนกลับมาใช้ใหม่อากาศในห้องปฏิบัติการต้องมีการออกแบบให้การไหลของอากาศมีทิศทางการไหลจากพื้นที่สะอาดไปยังพื้นที่สกปรก และอากาศจากห้องปฏิบัติการต้องไม่ไหลเวียนไปยังพื้นที่สาธารณะหากไม่มีระบบดังกล่าวต้องมีหน้าต่างที่สามารถเปิดปิดได้ เพื่อช่วยในการระบายอากาศและมีการลวดกันแมลง



5. ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 2 ขึ้นไปต้องมีเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูงโดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งภายในห้องปฏิบัติการ แต่ต้องมีระบบการจัดการที่ช่วยให้สามารถเข้าไปใช้งานได้ และมีวิธีการจัดการที่เหมาะสมสำหรับขั้นตอนการขนย้าย

6. ห้องปฏิบัติการที่มีการติดตั้งตู้ชีววิทยามีการวางแผนตำแหน่งการวางตู้ และการเชื่อมต่อตู้กับระบบระบายอากาศของอาคารที่เหมาะสม (กรณีจำเป็นขึ้นกับชนิดของตู้) เพื่อให้ตู้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกิดความปลอดภัยและความสะดวกต่อการปฏิบัติงาน

7. ต้องมีน้ำคุณภาพดีเพียงพอสำหรับใช้งาน โดยแหล่งน้ำสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการและแหล่งน้ำดื่มต้องแยกกันอย่างชัดเจน เพื่อลดโอกาสการปนเปื้อนและต้องติดตั้งระบบป้องกันน้ำไหลย้อนกลับเพื่อป้องกันการปนเปื้อนแหล่งน้ำสาธารณะ

8. ต้องมีแหล่งจ่ายไฟและไฟฉุกเฉินที่มีประสิทธิภาพเพียงพอเพื่อให้บุคลากรสามารถออกจากห้องปฏิบัติการได้อย่างปลอดภัย และควรมีระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองให้กับเครื่องมือที่จำเป็น เช่น ตู้เพาะเชื้อตู้ชีววิทยาดูแลเยือกแข็ง เป็นต้น



รูปที่ 4.2 ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 2

ที่มา: <http://www.biocontencion.com/bioseguridad.php>

9. ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 2 ขึ้นไปอาจเป็นเป้าหมายของบุคคลผู้ไม่หวังดี ดังนั้นจึงจำเป็นต้องจัดให้มีระบบรักษาความมั่นคงทางด้านกายภาพ การป้องกันอัคคีภัยเช่นการมีประตูหน้าต่างที่แข็งแรงและการใช้กุญแจเฉพาะหรือเทคโนโลยีในการป้องกันไม่ให้ผู้ไม่เกี่ยวข้องเข้าห้องปฏิบัติการ เป็นต้น

10. ต้องติดป้ายเตือนสัญลักษณ์อันตรายทางชีวภาพ (biohazard sign) ชื่อและหมายเลขโทรศัพท์ของผู้รับผิดชอบ (รูปที่ 4.3) ไว้ที่หน้าประตูห้องปฏิบัติการและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับจุลชีพ หรือสารชีวภาพอันตรายอื่นๆ



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างป้ายสัญลักษณ์ชีวภัยสากลสำหรับติดหน้าประตูห้องปฏิบัติการ

ที่มา: WHO. 2004. Laboratory biosafety manual 3<sup>rd</sup> edition.

### ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 3 (Biosafety level 3; BSL 3)

ระบบความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับที่ 3 เป็นห้องปฏิบัติการที่เหมาะสมสำหรับการปฏิบัติงานตรวจวินิจฉัย งานวิเคราะห์ งานสอน งานค้นคว้าวิจัย เกี่ยวกับจุลชีพเป็นสาเหตุก่อโรคที่รุนแรง ซึ่งอาจทำให้เสียชีวิต และมักมีการแพร่กระจายโรคทางการหายใจ ผู้ปฏิบัติงานต้องได้รับการฝึกอบรมเฉพาะสำหรับการปฏิบัติงาน และการปฏิบัติงานต้องอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของผู้ที่มีความชำนาญและมีประสบการณ์การทำงานกับจุลชีพชนิดนั้น

การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับจุลชีพทุกขั้นตอนต้องปฏิบัติภายในตู้ชีวนิรภัย (Biological Safety Cabinet; BSC) หรือเครื่องมือที่ช่วยสกัดกั้นการแพร่กระจายของเชื้อได้ และใช้ชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment; PPE) ที่เหมาะสม ห้องปฏิบัติการต้องมีการออกแบบทางวิศวกรรมเฉพาะข้อกำหนดและแนวทางระเบียบการปฏิบัติงานสำหรับห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 3 รายละเอียดที่สำคัญ ดังนี้

#### ก. มาตรฐานการปฏิบัติงานทางจุลชีววิทยา (Standard microbiological practices)

มาตรฐานการปฏิบัติงานทางจุลชีววิทยาของห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 3 ให้ใช้หลักเกณฑ์การทำงานเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 1 และ 2 แต่ต้องปฏิบัติด้วยความระมัดระวังและเข้มงวดมากยิ่งขึ้น

#### ข. ข้อปฏิบัติเฉพาะ/ ที่จำเป็น (Special practices)

มีส่วนเพิ่มเติมจากของห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 1 และ 2 ดังนี้

1. ควบคุมการเข้าออกห้องปฏิบัติการ ต้องเป็นบุคคลที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น โดยต้องอยู่ในดุลยพินิจของหัวหน้าห้องปฏิบัติการ
2. หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องมีการควบคุมเข้าออกห้องปฏิบัติการ โดยพิจารณาบุคคลที่มีความเหมาะสมที่สามารถปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการได้ และไม่อนุญาตบุคคลที่อาจมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ เช่น บุคคลที่มีภาวะภูมิคุ้มกันผิดปกติ (immunocompromised หรือ immunosuppressed) เป็นต้น
3. หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องจัดทำคู่มือความปลอดภัย หรือระเบียบปฏิบัติงานเฉพาะของห้องปฏิบัติการ และผู้ปฏิบัติงานต้องได้รับการแนะนำถึงอันตราย ระเบียบวิธีปฏิบัติต่างๆ โดยการสอน และการฝึกอบรมอย่างเพียงพอ
4. หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องรับผิดชอบสำหรับการประเมินความสามารถของผู้ปฏิบัติงานจนแน่ใจก่อนอนุญาตให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเริ่มปฏิบัติงานกับจุลชีพภายในห้องปฏิบัติการได้เพื่อให้แน่ใจว่าผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการได้อย่างปลอดภัย
5. ผู้ปฏิบัติงานต้องปฏิบัติตามระเบียบวิธีการเข้าและออกห้องปฏิบัติการตามที่ห้องปฏิบัติการกำหนดอย่างเคร่งครัด
6. ผู้ปฏิบัติงาน และเจ้าหน้าที่สนับสนุนห้องปฏิบัติการ เช่น คนงานห้องปฏิบัติการ ต้องได้รับการฝึกอบรมที่เหมาะสมเกี่ยวกับอันตรายที่อาจได้รับการปฏิบัติงานวิธีป้องกันที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงาน วิธีการปฏิบัติต่างๆที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย และต้องได้รับการอบรมเพิ่มเติมที่จำเป็นเมื่อระเบียบปฏิบัติมีการเปลี่ยนแปลง
7. ผู้ปฏิบัติงานต้องได้รับวัคซีนที่เหมาะสมสำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ
8. ควรมีการจัดเก็บตัวอย่างซีรัมของผู้ปฏิบัติงานก่อนเริ่มการปฏิบัติงาน (baseline serum samples) กับจุลชีพแต่ละชนิดอย่างเหมาะสม
9. การทำงานทุกขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับจุลชีพ ต้องปฏิบัติในตู้ชีวนิรภัยที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมเท่านั้น และควรรองพื้นพื้นที่ปฏิบัติงานภายในตู้ด้วยกระดาษซับที่มีผิวด้านหลังเป็นพลาสติก เพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาดลดการปนเปื้อนหลังการปฏิบัติงาน
10. หากจำเป็นต้องปฏิบัติงานนอกตู้ชีวนิรภัยต้องปฏิบัติโดยใช้ชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสม เพื่อช่วยให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน
11. ทำความสะอาดลดการปนเปื้อนพื้นที่ปฏิบัติงาน และเครื่องมือหลังเสร็จการปฏิบัติงานเป็นประจำหรือหลังจากการหกหรือไหลของสิ่งปนเปื้อนจุลชีพ ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อโรค (disinfectant) ที่เหมาะสม
12. การลดการปนเปื้อนและทำความสะอาด กรณีเกิดการหกหรือไหลของสิ่งปนเปื้อนจุลชีพ ต้องปฏิบัติโดยผู้ที่ได้รับการฝึกอบรม และต้องมีวิธีการจัดการไว้ภายในห้องปฏิบัติการ
13. เครื่องมือปนเปื้อนหากต้องการนำออกจากห้องปฏิบัติการ ต้องได้รับการลดการปนเปื้อนที่เหมาะสมก่อน

14. สิ่งปนเปื้อนทุกชนิดจากห้องปฏิบัติการต้องได้รับการลดการปนเปื้อนด้วยวิธีที่เหมาะสม ก่อนนำออกจากห้องปฏิบัติการ โดยต้องมีการบรรจุในภาชนะที่สามารถป้องกันการรั่วไหลได้ในระหว่าง ขั้นตอนการจัดเก็บ การทำงาน การขนส่งที่เหมาะสมไปยังเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูงเพื่อนึ่งฆ่าเชื้อก่อนนำไปกำจัด

15. หากต้องใช้ vacuum ต้องมีการต่อ HEPA filter และ liquid disinfectant trap เพื่อป้องกัน vacuum line ปนเปื้อนจุลชีพ

16. ผู้ปฏิบัติงานต้องรายงานต่อหัวหน้าห้องปฏิบัติการทันที เมื่อมีการหกกระเด็น หรือการรั่วไหลของสิ่งปนเปื้อนจุลชีพ และอุบัติเหตุ โดยต้องมีการเตรียมขั้นตอนสำหรับการประเมินการรักษา การดูแล และการรักษา ต้องมีการบันทึกและเก็บรักษาน้ำที่ก้นไว้

17. ผู้ปฏิบัติงานต้องสามารถใช้ชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลได้อย่างเหมาะสม โดยต้องมีการพิจารณาเลือกจากการประเมินความเสี่ยงของงานในห้องปฏิบัติการ

18. ต้องใส่ถุงมือเมื่อต้องปฏิบัติงานกับสิ่งปนเปื้อนเชื้อ เลือกชนิดถุงมือให้เหมาะสมกับงาน ไม่ใส่ถุงมือออกนอกห้องปฏิบัติการ เปลี่ยนถุงมือเมื่อปนเปื้อน ขาด หรือเมื่อมีความจำเป็นต้องไปปฏิบัติกิจกรรมอื่นและต้องใส่อย่างน้อย 2 คู่

19. วัสดุปนเปื้อนจุลชีพที่ต้องการนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น ภาชนะ เสื้อกาวน์ ต้องผ่านการลดการปนเปื้อนและทำความสะอาดด้วยวิธีที่เหมาะสมก่อนนำกลับมาใช้

20. หลีกเลี่ยงการใช้เครื่องแก้ว ของมีคม เครื่องมือมีคมภายในห้องปฏิบัติการ หากจำเป็นต้องใช้อย่างระมัดระวัง และฝึกการใช้ให้เกิดความชำนาญก่อนปฏิบัติจริงกับจุลชีพ

#### ค. อุปกรณ์เครื่องมือเพื่อความปลอดภัย (Safety equipment)

มีส่วนเพิ่มเติมจากของห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 2 ดังนี้

1. ตู้ชีวนิรภัย Class I ใช้ในกรณีงานไม่ต้องการป้องกันชั้นงานปนเปื้อน หากงานต้องการป้องกันการปนเปื้อนทั้งในส่วนของชิ้นงาน ผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม สามารถเลือกใช้ Class II หรือ Class III ได้

2. ชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เช่น เสื้อกาวน์ต้องเป็นชนิดที่ปิดคลุมด้านหน้าไม่ควรเป็นแบบเปิดติดกระดุมด้านหน้า ต้องปิดคลุมได้ทั้งร่างกายและสามารถกันของเหลวซึมผ่านได้อย่างน้อยบริเวณด้านหน้าต้องเป็นชนิดแขนยาวคลุมตลอดแขนจนถึงข้อมือ กรณีที่อาจเกิดการกระเด็นของสิ่งปนเปื้อนจุลชีพได้ขณะปฏิบัติงาน ต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันใบหน้าและดวงตาในกรณีที่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจต้องเลือกให้เหมาะสมกับงานและใบหน้าของผู้ปฏิบัติงานสำหรับการทั้งอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลต้องทั้งเป็นขยะติดเชื้อ หรือหากเป็นชนิดที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ต้องทำการลดการปนเปื้อนด้วยวิธีที่เหมาะสมก่อนทำความสะอาดแล้วนำกลับมาใช้ใหม่

3. เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง (autoclave) สำหรับลดการปนเปื้อนต้องมีพร้อมใช้ภายในหน่วยงาน หรืออาจมีอยู่ภายในห้องปฏิบัติการ หากเป็นเครื่องชนิด double door autoclave จะ



ส่งเสริมให้เกิดความปลอดภัยทางชีวภาพมากขึ้นและต้องมีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้อยู่เสมอ

4. เครื่องปั่นเหวี่ยงชนิดที่มี safety bucket หรือ safety rotor ซึ่งมีลักษณะมีฝาปิดสนิทมิดชิดเพื่อลดความเสี่ยงในการฟุ้งกระจายของสิ่งปนเปื้อนจุลชีพขณะปั่นเหวี่ยง

5. วัสดุวิทยาศาสตร์ที่ทำจากพลาสติก เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้เครื่องแก้ว เช่น ขวด หลอดทดลอง จานเพาะเชื้อ ไปเปิด เป็นต้น

#### ง. การออกแบบและสิ่งอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการ (Laboratory facilities)

การออกแบบและสิ่งอำนวยความสะดวกของห้องปฏิบัติการชีวอนามัยระดับ 3 มีส่วนที่เพิ่มเติมจากห้องปฏิบัติการชีวอนามัยระดับ 2 ดังนี้

1. พื้นที่ห้องปฏิบัติการต้องแยกจากพื้นที่อื่นที่ไม่มีการจำกัดการเข้าออก หรือพื้นที่สาธารณะภายในอาคาร

2. พื้นผิวของผนัง พื้น ฝ้า ภายในห้องปฏิบัติการต้องมีพื้นผิวเรียบ ง่ายต่อการทำความสะอาด และการลดการปนเปื้อน ทนต่อการแทรกซึมของของเหลว สารเคมี และน้ำยาฆ่าเชื้อโรค

3. ห้องปฏิบัติการต้องมีลักษณะปิดสนิท (sealable) เพื่อความสะดวกในการลดการปนเปื้อนห้องปฏิบัติการด้วยการอบรมควันฆ่าเชื้อด้วยสารเคมี ซึ่งทำเมื่อเกิดการปนเปื้อนจุลชีพในปริมาณมากภายในห้องปฏิบัติการ เมื่อต้องการปิดระบบเพื่อตรวจเช็คบำรุงรักษา เมื่อต้องเปลี่ยนโครงการหรือการใช้ห้อง และเมื่อต้องทำการปรับปรุงห้องปฏิบัติการ

4. ต้องมีการออกแบบควบคุมทิศทางทางไหลของอากาศเข้าห้องปฏิบัติการ โดยทิศทางทางไหลเวียนของอากาศภายในห้องต้องเป็นแบบทิศทางเดียว โดยไหลเข้าห้องปฏิบัติการทางหนึ่งและออกจากห้องปฏิบัติการอีกทางหนึ่งและไหลจากบริเวณสะอาดไปยังบริเวณที่ปนเปื้อน

5. ต้องควบคุมการระบายอากาศจากห้องปฏิบัติการอากาศที่ถูกดูดออกจากห้องปฏิบัติการต้องไม่ไหลเวียนไปยังบริเวณอื่นภายในอาคาร หรือพื้นที่สาธารณะ โดยท่อระบายอากาศจากห้องปฏิบัติการต้องอยู่ห่างจากท่อนำอากาศเข้าบริเวณอื่นภายในอาคารและห่างจากพื้นที่สาธารณะ

6. ควรมีระบบการกรองอากาศจากห้องปฏิบัติการก่อนส่งออกสู่ภายนอกห้องปฏิบัติการด้วย HEPA filter (exhaust HEPA filter) ขึ้นกับการประเมินความเสี่ยง หากอากาศที่ปล่อยออกอาจเกิดอันตรายต่อชุมชน และต้องมีการทดสอบการรั่ว (leak testing) HEPA filter แต่ละชิ้นเป็นประจำ

7. ต้องมีการควบคุมความดันอากาศของห้องปฏิบัติการให้ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่โดยรอบ (negative pressure)



รูปที่ 4.4 รูปที่ห้องปฏิบัติการชีวโมเลกุลระดับ 3

ที่มา: <http://www.biocontencion.com/bioseguridad.php>

8. ต้องมีอุปกรณ์สังเกตทิศทางการไหลของอากาศ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถตรวจดูทิศทางการไหลของอากาศได้ อย่างน้อยไว้บริเวณหน้าประตูทางเข้าโดยอาจมีสัญญาณเตือนกรณีทิศทางการไหลของอากาศผิดปกติ

9. ระบบควบคุมความร้อนระบบถ่ายเทอากาศและระบบปรับอากาศ (Heating, Ventilation and Air-Conditioning (HVAC) control system) ต้องได้รับการออกแบบให้มีระบบป้องกันอากาศไหลย้อนกลับและการเกิดความดันอากาศเป็นบวกภายในห้องปฏิบัติการต้องมีระบบเตือนภัยชนิดแสงและ/หรือเสียง เพื่อเตือนเกิดผู้ปฏิบัติงานกรณีระบบ HVAC ล้มเหลว

10. ต้องมีประตูทางเข้าอย่างน้อย 2 ชั้น (double door entry) ประตูควรเป็นแบบปิดเองได้ และอาจเป็นแบบ interlock ซึ่งช่วยให้ประตูเปิดได้เพียงครั้งละหนึ่งบาน

11. ต้องมีห้องเปลี่ยน (anteroom) เป็นพื้นที่ทางผ่านเข้าออกห้องปฏิบัติการ มักอยู่ระหว่างประตูทางเข้า 2 ชั้น ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ออกแบบมาเพื่อช่วยในการรักษาระดับความดันของปฏิบัติการให้คงที่ พื้นที่บริเวณนี้อาจมีหรือไม่มีฝักบัวอาบน้ำอยู่ภายในห้องก็ได้ ขึ้นกับชนิดของจุลชีพที่ต้องปฏิบัติงานด้วย

12. ต้องมีส่วนเปลี่ยนเสื้อผ้าใส่ชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล อาจอยู่ในบริเวณพื้นที่ห้อง anteroom ซึ่งต้องแยกพื้นที่ระหว่างชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่สะอาดและสกปรก

13. หากมีหน้าต่างทุกบานต้องปิดสนิท

14. อ่างล้างมือควรติดตั้งอยู่ใกล้บริเวณประตูทางออก ควรมีก๊อกน้ำชนิดที่ไม่ต้องใช้มือเปิดปิด

15. เฟอร์นิเจอร์ภายในห้องปฏิบัติการต้องสามารถรับน้ำหนักและเหมาะสมกับการใช้งาน พื้นระหว่างโต๊ะ ตู้ และเครื่องมือต้องมีเพียงพอสำหรับการเข้าไปทำความสะอาด พื้นผิวโต๊ะปฏิบัติงานต้องป้องกันน้ำซึม ทนต่อความร้อนและสารละลายอินทรีย์ กรด ต่าง และสารเคมีที่ใช้ในการลดการปนเปื้อนได้ แก้วต้องมีพื้นผิวเรียบไม่เป็นรูพรุน หรือขรุขระ เพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ

16. การติดตั้งตู้ชีวนิรภัยต้องติดตั้งในตำแหน่งที่ไม่ถูกรบกวนจากแหล่งกำเนิดลมเช่น ประตู หัวจ่ายหรือหัวดูดอากาศ บริเวณที่มีการสัญจรมาก เป็นต้น

17. อากาศจากตู้ชีวนิรภัย Class II ซึ่งผ่านการกรองด้วย HEPA filter แล้วสามารถปล่อยออกสู่ภายในห้องปฏิบัติการได้หรือหากเป็นตู้ชนิดต่อท่อต้องทำการต่อท่ออย่างถูกต้องเหมาะสม ต้องมีการตรวจสอบประสิทธิภาพของตู้อย่างสม่ำเสมอ และตรวจรับรอง (certification) อย่างถูกต้องเหมาะสมเป็นประจำทุกปี

18. ต้องออกแบบห้องปฏิบัติการให้สามารถเข้าถึงเพื่อใช้งานเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการลดการปนเปื้อน เช่น เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง น้ำยาฆ่าเชื้อโรคได้สะดวกเมื่อต้องการใช้งาน

19. ต้องมีระบบที่ช่วยในการเฝ้าดูการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการ เช่น ประตูที่มีช่องกระจก กล้องวงจรปิด

20. ต้องมีระบบสื่อสารระหว่างผู้ปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการกับเจ้าหน้าที่ภายนอกห้องปฏิบัติการ เช่น โทรศัพท์ อินเทอร์เน็ต เป็นต้น

21. ควรมีระบบส่งข้อมูล เช่น แฟกซ์คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อเครือข่าย เป็นต้น

22. การออกแบบห้องปฏิบัติการต้องคำนึงถึงการออกแบบพื้นที่ส่วนงานระบบที่จำเป็นต้องมีการซ่อมบำรุงจากช่างผู้เชี่ยวชาญ ควรออกแบบให้สามารถเข้าพื้นที่ได้โดยไม่ต้องเข้าห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงการสัมผัสจุลชีพจากห้องปฏิบัติการ

23. ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 3 ทุกแห่งต้องมีเอกสารหลักฐานเกี่ยวกับแบบอาคารและวิธีการใช้งานของระบบต่างๆ

24. การออกแบบ และการดำเนินการของระบบห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับที่ 3 ต้องได้รับการตรวจสอบประสิทธิภาพ ความพร้อมใช้งานของระบบห้องปฏิบัติการก่อนเริ่มใช้งาน

#### ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 4 (Biosafety level 4; BSL 4)

ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 4 ห้องปฏิบัติการระดับนี้ต้องอยู่ภายใต้การควบคุมกำกับดูแลของหน่วยงานระดับชาติ เนื่องจากเป็นมีความเสี่ยงต่อบุคคลและสิ่งแวดล้อมสูงมากได้รับการออกแบบมาเพื่อการปฏิบัติงานกับจุลชีพกลุ่มเสี่ยงที่ 4 โดยก่อนการลงมือก่อสร้างห้องปฏิบัติการประเภทนี้ จำเป็นต้องปรึกษาผู้เชี่ยวชาญจากสถาบัน หรือหน่วยงานที่มีประสบการณ์เนื่องจากเป็นห้องปฏิบัติการที่มีความซับซ้อนมาก ทั้งในส่วนของการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อ เครื่องมือเพื่อความปลอดภัย ระบบการบริหารจัดการและระเบียบปฏิบัติต่างๆ ดังนั้นจึงต้องมีการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานเฉพาะข้อมูลข้างล่างนี้เป็นเพียงข้อมูลพื้นฐานผู้สนใจสามารถปรึกษาและหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากองค์การอนามัยโลก

**ก. มาตรฐานการปฏิบัติงานทางจุลชีววิทยา (Standard microbiological practices) และข้อปฏิบัติเฉพาะ/ ที่จำเป็น (Special practices)**

ให้ใช้หลักเกณฑ์การทำงานเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 3 โดยเพิ่มเติมดังนี้

1. ใช้กฎการปฏิบัติงานร่วมกันสองคนห้ามทำงานคนเดียวตามลำพัง
2. เปลี่ยนเสื้อผ้าทุกชิ้นรวมทั้งรองเท้าทั้งก่อนเข้าและออกจากห้องปฏิบัติการ
3. ต้องอาบน้ำก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ
4. ผู้ปฏิบัติงานต้องได้รับการฝึกอบรมเรื่องวิธีการรับมือกรณีฉุกเฉินเช่นเมื่อได้รับบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยในห้องปฏิบัติการ
5. ต้องมีระบบสื่อสารระหว่างผู้ปฏิบัติงานที่กำลังทำงานในห้องปฏิบัติการระดับ 4 และเจ้าหน้าที่สนับสนุนที่อยู่นอกห้องปฏิบัติการ
6. ต้องมีการพิจารณาให้ถึงวิธีการทดลองวิจัยที่จะทำรวมทั้งอุปกรณ์สารเคมีตลอดจนชนิดของสัตว์ทดลองที่จะใช้ในการวิจัย ให้ละเอียดถี่ถ้วนอย่างมากเป็นพิเศษ กรณีเป็นห้องปฏิบัติการประเภท suit laboratory เพื่อใช้สำหรับการจัดการความเสี่ยง

**ข. อุปกรณ์เครื่องมือเพื่อความปลอดภัย (Safety equipment)**

ใช้เครื่องมือพื้นฐานสำหรับการปฏิบัติงานเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 3 โดยมีเพิ่มเติม ดังนี้

1. ตู้ชีวนิรภัย Class III
2. เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง แบบ 2 ประตู (double door autoclave)
3. ชุดความดันอากาศเป็นบวก (positive pressure suit) ใช้ในกรณีห้องปฏิบัติการใช้ตู้ชีวนิรภัย Class II

**ค. การออกแบบและสิ่งอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการ (Laboratory facilities)**

ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 4 มีลักษณะใกล้เคียงกับห้องปฏิบัติการระดับ 3 แต่ลักษณะที่เพิ่มเติมได้แก่

**1. ระบบควบคุมเชื้อชั้นพื้นฐาน** โดยอาจมีลักษณะอย่างหนึ่งอย่างใดข้างล่างนี้หรือมีลักษณะผสม

**1.1 ห้องปฏิบัติการชนิดที่ใช้ตู้ชีวนิรภัย Class III มีลักษณะเบื้องต้น ดังนี้**

- ต้องมี 2 ประตูโดยต้องมีห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าพนักงานทั้งก่อนเข้าและก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ
- มีห้องอาบน้ำอยู่กลางระหว่างห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าทั้งสอง
- มีเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูงแบบสองประตูหรือช่องรมควันสำหรับส่งวัสดุและอุปกรณ์เข้าห้องปฏิบัติการสำหรับเครื่องนึ่งแบบสองประตุนั้นออกแบบมาให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเปิดประตูภายในได้ต่อเมื่อประตูภายนอกปิดสนิทแล้ว



เท่านั้นซึ่งเป็นระบบ interlock และประตูไม่สามารถเปิดออกได้เมื่อเครื่องนั่งหรือช่องรมควันกำลังทำงาน

## 1.2 ห้องปฏิบัติการชนิด suit laboratory มีลักษณะเบื้องต้น ดังนี้

- เป็นห้องปฏิบัติการที่ผู้ปฏิบัติงานมีการใช้ชุดเสื้อผ้าป้องกันที่มีเครื่องช่วยจ่ายอากาศสำหรับการหายใจทำให้ห้องปฏิบัติการประเภทนี้แตกต่างอย่างมากจากห้องปฏิบัติการระดับ 4 ที่ใช้ตู้ชีวนิรภัย Class III คือ
  - ต้องมีพื้นที่สำหรับผู้ปฏิบัติงานเปลี่ยนเสื้อผ้าและลดการปนเปื้อนตามร่างกายก่อนเข้าสู่ห้องปฏิบัติการ
  - ต้องมีทั้งห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าทั้งห้องใส่และถอดชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล
  - ต้องมีห้องฝักบัวลดการปนเปื้อนชุด (suit decontamination shower) สำหรับให้ผู้ปฏิบัติงานใช้ลดการปนเปื้อนชุดปฏิบัติการก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ
  - ต้องมีห้องอาบน้ำฝักบัว (personnel shower) ซึ่งควรอยู่ระหว่างห้องใส่และถอดชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล
  - ต้องมีระบบจ่ายอากาศเข้าสู่ชุดที่แยกเฉพาะเป็นอิสระสามารถจ่ายอากาศได้ 100% และทำงานได้แม้เกิดเหตุฉุกเฉิน
  - มีระบบเตือนภัยฉุกเฉินสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่กำลังทำงานในห้องปฏิบัติการที่เหมาะสม

## 2. ระบบการควบคุมการเข้า-ออก

- ห้องปฏิบัติการควรตั้งอยู่ในอาคารที่แยกเฉพาะหรือในบริเวณภายในอาคารที่ต้องแยกจากบริเวณอื่นอย่างชัดเจน
- ทางเข้าและทางออกของผู้ปฏิบัติงานและอุปกรณ์ต้องเป็นระบบ airlock หรือระบบ

pass-through

## 3. ระบบควบคุมอากาศภายในห้องปฏิบัติการ

ความดันอากาศต้องเป็นลบตลอดเวลาโดยทั้งอากาศที่ผ่านเข้าและออกจากห้องปฏิบัติการต้องผ่านการกรองด้วยตัวกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA filter) ระบบถ่ายเทอากาศระหว่างห้องปฏิบัติการที่ใช้ตู้ชีวนิรภัย Class III และห้องปฏิบัติการชนิด suit laboratory มีข้อแตกต่างดังนี้

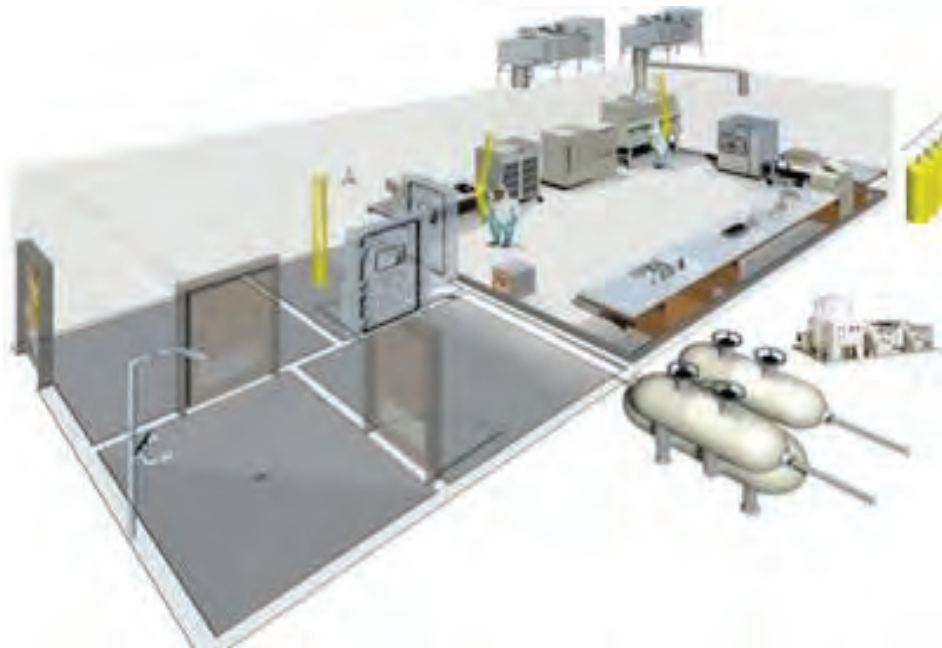
### 3.1 ห้องปฏิบัติการชนิดที่ใช้ตู้ชีวนิรภัย Class III

- อากาศที่เข้าสู่ตู้ชีวนิรภัย อาจถูกดูดจากอากาศภายในห้องผ่าน HEPA filter ที่ติดตั้งอยู่บนตู้หรือจากระบบส่งอากาศโดยตรงของระบบจ่ายอากาศของห้องปฏิบัติการ

- อากาศที่ออกมาจากตู้ชีวนิรภัยต้องผ่าน HEPA filter สองชั้นก่อนปล่อยออกสู่ภายนอก
- ความดันอากาศภายในตู้ชีวนิรภัยต้องเป็นลบตลอดเวลาเมื่อเปรียบเทียบกับความดันอากาศรอบภายในห้องปฏิบัติการ
- ระบบถ่ายเทอากาศในห้องปฏิบัติการต้องเป็นชนิดที่ไม่นำอากาศเก่าวนกลับมาใช้ซ้ำ

### 3.2 ห้องปฏิบัติการชนิด suit laboratory

- ต้องมีระบบจ่ายอากาศเข้าและระบบดูดอากาศออก โดยต้องสมดุลและช่วยทำให้เกิดการไหลของอากาศจากบริเวณที่มีความเป็นอันตรายน้อยที่สุดไปยังบริเวณที่เสี่ยงต่ออันตรายมากที่สุด



รูปที่ 4.5 ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 4

ที่มา: <http://www.biocontencion.com/bioseguridad.php>

- ต้องมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ให้สามารถแน่ใจได้ว่าจะรักษาความดันอากาศของห้องปฏิบัติการให้เป็นลบตลอดเวลา
- ต้องมีระบบที่ช่วยในการตรวจสอบความดันอากาศทั้งภายในและบริเวณใกล้เคียงกับห้องปฏิบัติการรวมทั้งต้องมีการตรวจสอบการไหลเวียนของอากาศทั้งของระบบจ่ายอากาศเข้าและระบบดูดอากาศออก และต้องมีระบบควบคุมเพื่อควบคุมระบบความดันภายในห้องปฏิบัติการ

- ต้องมี HEPA filter สำหรับระบบจ่ายอากาศเข้าห้องปฏิบัติการรวมทั้งห้องอาบน้ำฝักบัวลดการปนเปื้อน (decontamination shower) และ decontamination airlock หรือ chamber
- อากาศที่ออกจากห้องปฏิบัติการต้องผ่าน HEPA filter สองชั้นก่อนปล่อยออกสู่ภายนอกและต้องไม่ถูกดึงไปใช้ใหม่ในบริเวณอื่น

HEPA filter ทุกชิ้นต้องได้รับการทดสอบและตรวจรับรองเป็นประจำสำหรับ HEPA ที่ผ่านการใช้งานแล้วต้องทำการลดการปนเปื้อนแล้วเผาทิ้งโดยในการทำการถอดและเคลื่อนย้ายต้องปฏิบัติด้วยวิธีที่เหมาะสม

#### 4. ระบบการจัดสิ่งปนเปื้อนในของเสีย

ต้องมีระบบลดการปนเปื้อนของเสียทุกประเภทจากห้องปฏิบัติการก่อนปล่อยออกจากห้องปฏิบัติการโดยนิยมใช้ระบบการใช้ความร้อน (heat treatment) บางครั้งต้องมีการปรับความเป็นกรดต่าง (pH) ของของเสียให้เป็นกลางก่อนที่จะสำหรับน้ำจากห้องอาบน้ำฝักบัวทั่วไปและสวมอาจทิ้งได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านการลดการปนเปื้อนฆ่าเชื้อ

#### 5. ระบบการทำให้ปราศจากจุลชีพสำหรับขยะและวัสดุปนเปื้อน

ห้องปฏิบัติการต้องมีเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อแบบสองประตูและต้องมีวิธีการจัดสิ่งปนเปื้อนแบบอื่นสำหรับอุปกรณ์หรือสิ่งของที่ไม่สามารถใช้วิธีนึ่งฆ่าเชื้อได้

6. ระบบส่งของเข้าห้องปฏิบัติการ ต้องเป็นช่องส่งของที่มีระบบ airlock
7. ระบบไฟสำรองต้องติดตั้งระบบไฟฟ้าสำรองกรณีฉุกเฉิน
8. ระบบระบายน้ำทิ้งต้องติดตั้งระบบระบายน้ำเสียที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.1 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างระดับชีวรักรัย ชนิดของห้องปฏิบัติการ วิธีปฏิบัติ เครื่องมือด้านความปลอดภัย

ระดับชีวรักรัย Biosafety level	ชนิดของห้องปฏิบัติการ Laboratory type	วิธีปฏิบัติ Practices	เครื่องมือด้านความปลอดภัย Safety equipment
BSL 1	ห้องปฏิบัติการพื้นฐาน:- สำหรับการเรียน การสอน การศึกษาวิจัย ระดับพื้นฐาน	<ul style="list-style-type: none"> <li>• เทคนิคที่ดีทางจุลชีววิทยา (Good Microbiological Techniques; GMT) และ/หรือ</li> <li>• เทคนิคปลอดเชื้อ (aseptic techniques)</li> </ul>	ไม่ต้องการเครื่องมือพิเศษ สามารถปฏิบัติงานบนโต๊ะปฏิบัติการได้
BSL 2	ห้องปฏิบัติการพื้นฐาน:- สำหรับ การบริการ สาธารณสุขมูลฐาน การ บริการตรวจวินิจฉัยโรค และ การศึกษาวิจัย ระดับพื้นฐาน	<ul style="list-style-type: none"> <li>• เพิ่มเติมจาก BSL 1;</li> <li>• จำกัดการเข้าห้องปฏิบัติการ</li> <li>• สวมใส่ชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล</li> <li>• ติด Biohazard sign</li> <li>• วิธีการปฏิบัติงานกับของมีคม</li> <li>• วิธีการลดการปนเปื้อน</li> <li>• วิธีการขนส่งขยะติดเชื้อ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• เพิ่มเติมจาก BSL 1;</li> <li>• Autoclave ที่สามารถใช้งานได้</li> <li>• BSC กรณีอาจเกิดละอองของเหลวปนเปื้อนเชื้อฟุ้งกระจาย</li> </ul>

ระดับชีวอนามัย Biosafety level	ชนิดของห้องปฏิบัติการ Laboratory type	วิธีปฏิบัติ Practices	เครื่องมือด้านความปลอดภัย Safety equipment
BSL 3	ห้องปฏิบัติการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อ:- สำหรับการวินิจฉัยโรคเฉพาะทางและการการศึกษาวิจัย	เพิ่มเติมจาก BSL 2; <ul style="list-style-type: none"> <li>• ควบคุมการเข้าออก</li> <li>• วิธีการลดการปนเปื้อนขยะติดเชื้อ</li> <li>• วิธีการลดการปนเปื้อน การทำความสะอาด การกำจัดวัสดุปนเปื้อนเชื้อทุกชนิด</li> </ul>	เพิ่มเติมจาก BSL 2; <ul style="list-style-type: none"> <li>• อุปกรณ์พื้นฐานอื่น ๆ สำหรับการปฏิบัติงาน เพื่อความปลอดภัยลดโอกาสการสัมผัสเชื้อในทุกกิจกรรม เช่น safety centrifuge</li> <li>• อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ (ถ้าจำเป็น)</li> </ul>
BSL 4	ห้องปฏิบัติการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อขั้นสูงสุด:- สำหรับการปฏิบัติงานกับเชื้อโรคอันตรายร้ายแรง	เพิ่มเติมจาก BSL 3; <ul style="list-style-type: none"> <li>• เปลี่ยนเสื้อผ้าก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ</li> <li>• อาบน้ำก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ</li> <li>• วิธีการลดการปนเปื้อนขยะและวัสดุปนเปื้อนเชื้อทุกชนิดก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ</li> </ul>	เพิ่มเติมจาก BSL 3; <ul style="list-style-type: none"> <li>• BSC Class III หรือ BSC Class II ใช้ร่วมกับ positive pressure suit ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจชนิด supplied air respirator</li> <li>• Double door autoclave</li> </ul>





#### ตารางที่ 4.2 สรุปสิ่งจำเป็นสำหรับห้องปฏิบัติการชีวโมเลกุลระดับต่างๆ

	ระดับห้องปฏิบัติการชีวโมเลกุล			
	1	2	3	4
• การแยกพื้นที่ห้องปฏิบัติการจากพื้นที่ส่วนอื่นๆ	ไม่	ไม่	ใช่	ใช่
• ห้องสามารถปิดสนิทไม่รั่วซึมเพื่อการจัดสิ่งปนเปื้อน	ไม่	ไม่	ใช่	ใช่
• การระบายอากาศ				
-- การควบคุมการไหลเข้าของอากาศ	ไม่	ควรมี	ใช่	ใช่
-- ระบบควบคุมการระบายอากาศ	ไม่	ควรมี	ใช่	ใช่
-- กรองอากาศระบายออกด้วยตัวกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA filter)	ไม่	ไม่	ใช่/ไม่ <sup>ก</sup>	ใช่
• ประตูทางเข้า 2 ชั้น	ไม่	ไม่	ใช่	ใช่
• Airlock	ไม่	ไม่	ไม่	ใช่
• Airlock พร้อมฝักบัวอาบน้ำ	ไม่	ไม่	ไม่	ใช่
• ห้อง anteroom	ไม่	ไม่	ใช่	--
• ห้อง anteroom พร้อมฝักบัวอาบน้ำ	ไม่	ไม่	ใช่/ไม่ <sup>ก</sup>	ไม่
• การบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ	ไม่	ไม่	ใช่/ไม่ <sup>ก</sup>	ใช่
• เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave)				
-- ภายในบริเวณหน่วยงาน (on site)	ไม่	ควรมี	ใช่	ใช่
-- ภายในห้องปฏิบัติการ (in laboratory room)	ไม่	ไม่	ควรมี	ใช่
-- แบบ 2 ประตู (double-ended)	ไม่	ไม่	ควรมี	ใช่
• ตู้ชีวโมเลกุล (Biological Safety Cabinet; BSC)	ไม่	ควรมี	ใช่	ใช่
• ระบบตรวจติดตามความปลอดภัยของพนักงาน <sup>ข</sup>	ไม่	ไม่	ควรมี	ใช่

<sup>ก</sup>แยกพื้นที่ใช้งานออกจากทางเดินทั่วไป

<sup>ข</sup>WHO แนะนำว่าสามารถมีหรือไม่มีการติดตั้งตัวกรองอากาศออกจากห้องปฏิบัติการ (exhaust HEPA filter) ขึ้นกับความเป็นอันตรายของจุลชีพ และตำแหน่งของ exhaust หากไม่มี exhaust HEPA filter ปลายท่อที่ปล่อยอากาศออกต้องปล่อยในบริเวณที่ห่างจากอาคารและพื้นที่อื่นที่มีการดึงอากาศกลับไปใช้ได้ ในขณะที่ Canada biosafety standard กำหนดว่าอากาศที่ออกจากห้องปฏิบัติการต้องผ่านการกรองด้วย HEPA filter ดังนั้นห้องปฏิบัติการใดประเมินความเสี่ยงแล้วพบว่า อากาศที่ปล่อยออกอาจเกิดอันตรายต่อชุมชน ควรพิจารณาการติดตั้ง exhaust HEPA filter เพิ่ม ทั้งนี้ควรมีการพิจารณาและวางแผนการใช้งานกับชนิดของจุลชีพหรือเชื้อตั้งแต่ก่อนการสร้างห้องปฏิบัติการ

<sup>ค</sup> ขึ้นกับจุลชีพในห้องปฏิบัติการ

<sup>ง</sup>ตัวอย่างเช่นช่องกระจกให้สามารถมองเห็นภายในห้องได้โทรทัศน์วงจรปิด และระบบการสื่อสารสองทาง (โทรศัพท์, อินเทอร์เน็ต)

การจะตัดสินใจว่าการปฏิบัติงานเกี่ยวกับจุลชีพกลุ่มเสี่ยงใดควรปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับใดนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการประเมินความเสี่ยงต่อชนิดของงานการประเมินดังกล่าวจะพิจารณากลุ่มเสี่ยงของจุลชีพและปัจจัยอื่น เพื่อการจัดระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ ตัวอย่างเช่น เชื้อที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงที่ 2 โดยทั่วไปมักต้องใช้อาคาร สถานที่ รวมถึงอุปกรณ์และมาตรการปฏิบัติการในระดับความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 2 อย่างไรก็ตามในกรณีที่ต้องทำการทดลองเฉพาะทาง

ซึ่งเป็นวิธีที่มีความเสี่ยงสูง อาจต้องทำงานในห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 ทั้งนี้เพื่อการควบคุมการฟุ้งกระจายของเชื้อ และลดความเสี่ยง ดังนั้นการพิจารณาระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ เพื่อปฏิบัติงาน จึงขึ้นกับการประเมินความเสี่ยงของผู้เกี่ยวข้องและต้องพิจารณาเป็นกรณีไป

นอกจากนี้กรณี *Mycobacterium tuberculosis* เป็นเชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 3 เมื่อทำการประเมินความเสี่ยงตามชนิดของงานสามารถเลือกระดับห้องปฏิบัติการได้ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง รายการเชื้อโรคที่ประสงค์ควบคุมตามมาตรา 18 พ.ศ. 2560 (ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 134 ตอนพิเศษ 74 ง 10 มีนาคม 2560) ดังนี้

1. งานตรวจวินิจฉัยโรคในโรงพยาบาลทั่วไปสามารถดำเนินการได้ในห้องปฏิบัติการ BSL 2 โดยปฏิบัติตาม good microbiological practices โดยเคร่งครัด
2. งานเพาะเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตเชื้อในปริมาณมาก ควรดำเนินการในห้องปฏิบัติการ BSL 3 หรือเทียบเท่า (BSL 2 enhanced)





---

## บทที่ 5

### ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับอาคารเลี้ยงดูแลสัตว์ทดลอง (Animal Biosafety Level, ABSL)

---

การศึกษาวัยทางวิทยาศาสตร์ อาจมีความจำเป็นต้องดำเนินการในสัตว์ทดลองทั้งนี้มีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงหลายประการ ตัวอย่างเช่น พันธุกรรมของสัตว์ สุขภาพอนามัยของสัตว์ เป็นต้น เพื่อไม่ให้เป็นตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง ดังนั้นหลักการเลี้ยงดูแลให้สัตว์ทดลองไม่เกิดความเครียดมีความเป็นอยู่ที่ดี การปฏิบัติการต่อสัตว์ที่สอดคล้องกับจริยธรรมและพระราชบัญญัติสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ พ.ศ.2558 จึงเป็นสิ่งที่ต้องตระหนักนอกจากนี้องค์ประกอบอื่นๆ เช่นอาคารเลี้ยงดูแลสัตว์ทดลองเป็นส่วนประกอบสำคัญในการที่ป้องกันไม่ให้สัตว์ติดเชื้อหรือเกิดการแพร่กระจายของเชื้อได้โดยง่าย

อาคารเลี้ยงดูแลสัตว์ทดลองตามระบบความปลอดภัยทางชีวภาพ หมายถึง อาคารและอุปกรณ์รวมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใช้สำหรับเลี้ยงและดูแลสัตว์ เพื่อการวินิจฉัยและการทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเชื้อจุลชีพเพื่อให้สัตว์ทดลองได้รับการปฏิบัติอย่างมีมนุษยธรรมลดความเจ็บปวดความทรมานให้มากที่สุดโดยต้องเป็นสถานที่ที่สะอาดมีการระบายอากาศมีน้ำและอาหารอย่างพอเพียงในด้านของความปลอดภัย อาคารเลี้ยงดูแลสัตว์ควรตั้งอยู่อย่างอิสระไม่อยู่ติดกับสถานที่อื่นห้องเลี้ยงสัตว์ห้องทดลองและห้องพักพนักงาน ควรแยกออกจากกันเพื่อป้องกันการติดเชื้อระหว่างมนุษย์และสัตว์และเพื่อความสะดวกในการจัดสิ่งปนเปื้อน การฆ่าเชื้ออย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถป้องกันการแพร่กระจายเชื้อออกสู่ภายนอกได้

ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับสัตว์ทดลองของอาคารและอุปกรณ์เลี้ยงสัตว์ต้องได้รับการประเมินความเสี่ยง โดยคำนึงถึงกลุ่มเสี่ยงของเชื้อจุลชีพเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาซึ่งใช้ศึกษาเกี่ยวกับเชื้อจุลชีพก่อโรคในมนุษย์ดังนั้นจึงแบ่งความปลอดภัยของอาคารและอุปกรณ์เลี้ยงสัตว์ทดลองเป็นระดับ 1, 2, 3 และ 4 ตามตารางที่ 5.1

#### ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงเกี่ยวกับเชื้อจุลชีพที่ใช้ทดลองในสัตว์ ได้แก่

1. ช่องทางที่สามารถติดเชื้อได้ตามสภาวะปกติ
2. ปริมาณและความเข้มข้นของเชื้อ
3. วิธีการนำเชื้อเข้าสู่ร่างกายสัตว์
4. วิธีหรือช่องทางที่เชื้อถูกขับออกจากร่างกายสัตว์

#### ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงเกี่ยวกับสัตว์ทดลอง ได้แก่

1. อุปนิสัยและพฤติกรรมของสัตว์เช่นความก้าวร้าวความเสี่ยงต่อการโดนกัดหรือข่วน
2. ประวัติทั้งภายในและภายนอกที่อาจพบในตัวสัตว์
3. โรคติดต่อระหว่างสัตว์และมนุษย์ ความไวของสัตว์ต่อการติดโรคนั้น
4. การแพร่กระจายของสารก่อภูมิแพ้จากสัตว์ทดลองมายังผู้ปฏิบัติงาน



ตารางที่ 5.1 ห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองแบ่งตามระดับความปลอดภัยมาตรการและอุปกรณ์ที่จำเป็น

กลุ่มเสี่ยง	ระดับความปลอดภัย	มาตรการและอุปกรณ์
1	ABSL 1	เขตหวงห้าม เสื้อผ้าและถุงมือป้องกัน
2	ABSL 2	เช่นเดียวกับ ABSL 1 ร่วมกับเครื่องหมายเตือนอันตราย ตู้ชีวนิรภัย Class I หรือ II สำหรับกิจกรรมที่อาจเกิดการฟุ้ง กระจาย การฆ่าเชื้อขยะและกรงเลี้ยงสัตว์หลังใช้งาน
3	ABSL 3	เช่นเดียวกับ ABSL 2 ร่วมกับการควบคุมการเข้าออกตู้ ชีวนิรภัยและชุดป้องกันส่วนบุคคลเฉพาะสำหรับ ทุกกิจกรรม
4	ABSL 4	เช่นเดียวกับ ABSL 3 ร่วมกับการควบคุมการเข้าออกแบบ เข้มงวด การเปลี่ยนเสื้อก่อนเข้า ตู้ชีวนิรภัย Class III หรือชุดความดันบวก (Positive pressure suit) การ อาบน้ำก่อนออกการฆ่าเชื้อขยะทุกชนิดก่อนนำออกไปทิ้ง

ข้อกำหนดเกี่ยวกับการลักษณะการออกแบบอาคาร เครื่องมือ และระเบียบปฏิบัติของ ABSL มีรายละเอียด และมาตรการเพิ่มขึ้นตามระดับความปลอดภัยที่เพิ่มขึ้น ดังนี้

### อาคารและอุปกรณ์เลี้ยงสัตว์ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1 (ABSL 1)

เหมาะสำหรับการดูแลรักษาสัตว์ส่วนใหญ่หลังการกักกันโรค (ยกเว้น สัตว์จำพวก nonhuman primates ขึ้นกับระเบียบของแต่ละประเทศ) และสัตว์ที่ได้รับการฉีดเชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 1 ผู้ปฏิบัติงานต้องปฏิบัติงานตามหลัก GMT ผู้รับผิดชอบอาคารเลี้ยงดูแลสัตว์ทดลองต้องจัดทำคู่มือการปฏิบัติการและต้องมีการเฝ้าระวังทางการแพทย์ให้กับบุคลากรที่ปฏิบัติงานต้องจัดทำคู่มือความปลอดภัยหรือคู่มือการดำเนินงานด้านความปลอดภัยและมีการนำไปใช้อย่างเหมาะสม

### อาคารและอุปกรณ์เลี้ยงสัตว์ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 2 (ABSL 2)

เหมาะสำหรับการปฏิบัติงานกับสัตว์ทดลองที่ได้รับเชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 2 โดยมีข้อควรคำนึงหรือระมัดระวังด้านความปลอดภัย ดังนี้

1. ข้อกำหนดพื้นฐานเช่นเดียวกับอาคารและอุปกรณ์เลี้ยงสัตว์ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1
2. ต้องติดสัญลักษณ์ชีวนิรภัยสากล (รูปที่ 1 บทที่ 3) ไว้ที่ประตูหรือบริเวณที่เหมาะสม
3. สถานที่เลี้ยงสัตว์มีลักษณะเป็นโรงเรือนปิดต้องง่ายต่อการดูแลและการทำความสะอาด

4. ประตูต้องเป็นแบบที่เปิดเข้าด้านในและสามารถปิดได้เอง
5. มีอุณหภูมิความชื้น แสงสว่างในห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองต้องเหมาะสมและมีการถ่ายเทอากาศที่ดี
6. หากใช้เครื่องควบคุมระบบถ่ายเทอากาศต้องเป็นเครื่องที่ทำให้เกิดการไหลของอากาศเข้าสู่ห้องเลี้ยงสัตว์ช่องระบายอากาศออกต้องไม่เกิดการไหลของอากาศกลับไปสู่บริเวณอื่นในตัวอาคาร
7. ห้ามบุคคลภายนอกที่ไม่ได้รับอนุญาตเข้าห้องเลี้ยงสัตว์ทดลอง
8. ห้ามนำสัตว์อื่นเข้าห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองยกเว้นสัตว์ที่ใช้เพื่อการทดลองเท่านั้น
9. ต้องมีโปรแกรมควบคุมสัตว์พาหะ
10. หน้าต่างต้องแข็งแรงป้องกันแสงเข้าจากภายนอกอาคาร กันแรงกระแทกหากเป็นหน้าต่างที่เปิดได้ ต้องมีมุ้งลวดกันแมลง
11. พื้นที่ปฏิบัติงานต้องได้รับการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อที่เหมาะสมทุกครั้งหลังเสร็จงาน
12. หากต้องปฏิบัติงานที่อาจก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของเชื้อต้องดำเนินการในตู้ชีวนิรภัยหรือกรงแบบ isolator ที่มีตัวกรองอากาศประสิทธิภาพสูง
13. ควรมิเครื่องนุ่งห่มเข้าเชื้อในห้องหรือใกล้กับพื้นที่เลี้ยงสัตว์ทดลอง
14. วัสดุรองนอนต้องถูกเปลี่ยนทิ้งในลักษณะที่ไม่ทำให้เกิดฝุ่นหรือละอองฟุ้งกระจาย
15. ขยะและของเสียรวมทั้งวัสดุรองนอนต้องได้รับการฆ่าเชืวก่อนนำไปทิ้ง
16. ควรหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุมีคมหากจำเป็นต้องใช้ต้องทิ้งในภาชนะที่จัดไว้เฉพาะโดยขยะเหล่านี้ถือเป็นขยะติดเชื้อ
17. การขนย้ายวัสดุเพื่อการนุ่งห่มเข้าเชื้อและการเผาทำลายต้องทำอย่างระมัดระวังโดยขนย้ายในภาชนะที่มีฝาปิดสนิท
18. พื้นที่หรือกรงเลี้ยงสัตว์ต้องได้รับการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อทุกครั้งภายหลังการใช้งาน
19. ซากสัตว์ต้องได้รับการเผาทำลาย
20. ห้ามนำเสื้อผ้า หรืออุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่ใช้ใส่ในพื้นที่ทดลองสัตว์ไปใส่ภายนอก
21. ต้องมีบริเวณที่จัดไว้สำหรับล้างมือและผู้ปฏิบัติงานทุกคนต้องล้างมือก่อนออกพื้นที่เลี้ยงสัตว์
22. ต้องบันทึกและทำรายงานการบาดเจ็บของผู้ปฏิบัติงานทุกครั้งแม้เป็นการบาดเจ็บเล็กน้อย
23. ห้ามบริโภคอาหาร เครื่องดื่ม สูบบุหรี่ หรือใช้เครื่องสำอางภายในห้องเลี้ยงสัตว์ทดลอง
24. ผู้ปฏิบัติงานทุกคนต้องผ่านการฝึกอบรมการปฏิบัติงานอย่างเหมาะสม

### อาคารและอุปกรณ์เลี้ยงสัตว์ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 (ABSL 3)

เหมาะสำหรับการปฏิบัติงานกับสัตว์ทดลองที่ได้รับเชืากลุ่มเสี่ยงที่ 3 ระบบรวมถึงมาตรการทุกอย่างต้องได้รับการประเมินและตรวจรับรองทุกปี โดยมีข้อควรคำนึงหรือระมัดระวังด้านความปลอดภัยดังนี้

1. ข้อกำหนดพื้นฐานเช่นเดียวกับอาคารและอุปกรณ์เลี้ยงสัตว์ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1 และ 2

2. การเข้าออกต้องถูกควบคุมอย่างเข้มงวด
3. ห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองต้องแยกจากห้องปฏิบัติการและส่วนเลี้ยงสัตว์อื่นต้องมีประตู 2 ชั้นโดยมีพื้นที่ระหว่างประตูเป็นห้องเล็ก (anteroom) ก่อนถึงห้องเลี้ยงสัตว์ทดลอง
4. ต้องมีอ่างหรืออุปกรณ์ล้างมือในห้อง anteroom
5. ควรมีห้องอาบน้ำหรือฝักบัวอาบน้ำในห้อง anteroom
6. ต้องมีระบบการถ่ายเทอากาศเพื่อควบคุมการไหลเวียนของอากาศภายในห้องเลี้ยงสัตว์ให้มีอย่างต่อเนื่องและทั่วถึงอากาศเสียที่จะถูกปล่อยออกต้องผ่านแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA filter) ก่อนปล่อยออกและต้องไม่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ และมีระบบป้องกันการเกิดอากาศไหลย้อนกลับซึ่งอาจก่อให้เกิดความดันบวกภายในห้องเลี้ยงสัตว์
7. ต้องมีเครื่องนั่งฆ่าเชื้ออยู่ภายในพื้นที่ทดลองสัตว์ โดยวางไว้ในตำแหน่งที่สะดวกต่อการใช้งานขณะติดเชื้อมีเครื่องฆ่าเชื้อก่อนเคลื่อนย้ายไปยังสถานที่อื่น
8. ควรมีเตาเผาสำหรับกำจัดซากสัตว์ทดลองหรือมีระบบการจัดการอื่น ตัวอย่างเช่น มอบหมายให้หน่วยงานอื่นที่ได้รับการประเมินแล้วว่ามีจัดการที่ถูกต้องและเหมาะสมมาดำเนินการ
9. สัตว์ทดลองที่ได้รับเชื้อกลุ่มที่ 3 ต้องถูกเลี้ยงในกรง isolator หรือในห้องที่มีที่ระบายอากาศติดตั้งที่กรง
10. วัสดุรองนอนควรเป็นชนิดที่ไม่ทำให้เกิดฝุ่น
11. ต้องฆ่าเชื้อเสื้อผ้าและอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลทุกชนิดก่อนนำไปซักล้าง
12. หน้าต่างต้องปิดสนิทอยู่เสมอและไม่แตกหักง่าย
13. ผู้ปฏิบัติงานควรได้รับการฉีดวัคซีนหรือได้รับการสร้างภูมิคุ้มกันโรคอย่างเหมาะสม

### อาคารและอุปกรณ์เลี้ยงสัตว์ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4 (ABSL 4)

การปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการระดับนี้สัมพันธ์กับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อขั้นสูงสุดความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4 โดยต้องปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับของประเทศในการปฏิบัติงานเสมอหากต้องปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ suit laboratory ต้องมีวิธีและขั้นตอนการปฏิบัติงานดังนี้

1. ต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดทั้งหมดของอาคารและอุปกรณ์เลี้ยงสัตว์ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1, 2 และ 3
2. มีการควบคุมการเข้าออกของผู้ปฏิบัติงานอย่างเข้มงวด จำกัดเฉพาะเจ้าหน้าที่ที่ได้รับอนุญาตจากหัวหน้าหน่วยงานเท่านั้น
3. ห้ามปฏิบัติงานตามลำพังต้องใช้กฎการปฏิบัติงานสองคนร่วมกันเสมอ

4. ผู้ปฏิบัติงานต้องได้รับการฝึกอบรมด้านเทคนิคทางจุลชีววิทยาเป็นอย่างดีและต้องมีความรู้เกี่ยวกับอันตรายและข้อควรระวังที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน
5. พื้นที่เลี้ยงดูแลสัตว์ที่ได้รับเชื่อในกลุ่มเสี่ยงที่ 4 ต้องมีมาตรการควบคุมจุลชีพเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการชีวโมเลกุลระดับ 4 (BSL 4)
6. การเข้าออกต้องผ่านห้อง anteroom ที่เป็น airlocked area โดยต้องแยกพื้นที่สะอาดเป็นบริเวณเปลี่ยนเสื้อผ้าและฝักบัวอาบน้ำ
7. ผู้ปฏิบัติงานต้องเปลี่ยนเสื้อผ้าเมื่อจะเข้าห้องเลี้ยงสัตว์โดยต้องสวมเสื้อผ้าและอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลชนิดพิเศษที่จัดเตรียมไว้เฉพาะภายในพื้นที่เมื่อปฏิบัติงานเสร็จต้องถอดเสื้อผ้าและอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลทุกชิ้นออกเพื่อนำไปทิ้งเข้าถังขยะและต้องอาบน้ำก่อนออกทุกครั้ง
8. ห้องเลี้ยงสัตว์ต้องได้รับการออกแบบให้มีระบบกรองอากาศก่อนปล่อยออกสู่ภายนอกด้วยแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA filter)
9. ระบบถ่ายเทอากาศต้องถูกออกแบบให้แน่ใจว่าความดันอากาศภายในห้องเป็นลบอากาศมีทิศทางการไหลเข้าภายในห้องเลี้ยงสัตว์เท่านั้น มีระบบป้องกันการไหลย้อนกลับของอากาศเพื่อป้องกันมิให้ความดันอากาศภายในเป็นบวก
10. มีเครื่องนั่งฆ่าเชื้อชนิด 2 ประตูติดตั้งในบริเวณที่ประตูด้านหนึ่งสามารถเปิดในบริเวณพื้นที่สะอาดซึ่งอยู่ภายนอกห้องเลี้ยงสัตว์
11. มีช่องส่งของชนิด pass-through airlock สำหรับส่งของที่ไม่สามารถนั่งฆ่าเชื้อได้โดยติดตั้งระหว่างห้องเลี้ยงสัตว์ และพื้นที่สะอาดภายนอกกับห้องเลี้ยงสัตว์
12. ทุกกิจกรรมที่ปฏิบัติกับสัตว์ที่ได้รับเชื่อกลุ่มเสี่ยงที่ 4 ต้องปฏิบัติภายใต้การป้องกันการแพร่กระจายเชื้อชั้นสูงสุดความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4 (BSL 4)
13. สัตว์ทุกตัวต้องถูกเลี้ยงใน isolators
14. วัสดุของนอน และของเสียทุกประเภทต้องถูกฆ่าเชื้อก่อนนำออกมาจากบริเวณห้องเลี้ยงสัตว์
15. ต้องมีการดูแลทางการแพทย์ให้กับบุคลากร





## บทที่ 6

### การจัดการลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ (Laboratory Design)

โครงสร้างของห้องปฏิบัติการจัดเป็นการควบคุมด้านวิศวกรรม (engineering control) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมความเสี่ยงทางชีวภาพและสนับสนุนให้เกิดความปลอดภัยทางชีวภาพ โดยทั่วไปห้องปฏิบัติการมักแบ่งพื้นที่การใช้งานออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) พื้นที่สำหรับการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ เช่น พื้นที่ทำการทดลอง 2) พื้นที่สำหรับปฏิบัติงานด้านเอกสารและบริหาร เช่น พื้นที่งานธุรการ งานคอมพิวเตอร์บันทึกข้อมูล และบริเวณจัดเก็บเอกสาร 3) พื้นที่สนับสนุนห้องปฏิบัติการ เช่น ห้องเก็บวัสดุ อุปกรณ์ ห้องเย็น ห้องน้ำ ห้องล้าง เป็นต้น อย่างไรก็ตามหากจัดแบ่งพื้นที่ปฏิบัติงานตามระดับของความปลอดภัย สามารถแบ่งได้ดังนี้

**1. เขตปลอดภัย (safety zone)** เป็นพื้นที่ที่สะอาดปลอดภัยสำหรับผู้ปฏิบัติงานเขตนี้ควรมีการเข้าออกที่สะดวกไม่มีสิ่งกีดขวาง ไม่วางเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เป็นอันตราย ได้แก่ ประตูทางเข้าออกห้องพัก เจ้าหน้าที่ ห้องสำนักงาน ห้องเก็บอุปกรณ์ เป็นต้น

**2. เขตอันตรายน้อย (low-hazard zone)** เป็นพื้นที่ปฏิบัติงานที่มีความเสี่ยงจากอันตรายในระดับน้อย โดยควรอยู่ระหว่างเขตปลอดภัยกับเขตอันตรายมากลักษณะงานในเขตนี้ ได้แก่ การทดลองที่มีอันตรายน้อย การเตรียมตัวอย่าง การทำงานกับสารเคมีที่ไม่ระเหยง่ายเป็นพื้นที่ในการจัดวางสารเคมีที่อันตรายน้อย หรือปานกลาง และเป็นพื้นที่สำหรับการชำระล้างเครื่องแก้วและอุปกรณ์การทดลอง

**3 เขตอันตรายมาก (high-hazard zone)** ควรเป็นพื้นที่ที่อยู่ด้านในสุดของห้องปฏิบัติการห่างจากบริเวณประตูเข้าออก เป็นเขตที่ต้องป้องกันการผ่านเข้าออกของผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องลักษณะงานในเขตนี้ ได้แก่ การทดลองที่มีอันตรายมาก การทำงานกับสารเคมีที่ไวไฟและระเหยง่าย การทำงานกับจุลชีพที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ดังนั้นเขตนี้ต้องมีสัญลักษณ์เพื่อให้บุคคลภายนอกได้รู้ว่าเป็นเขตจำกัด ควรมีอุปกรณ์ที่ไว้ใช้ป้องกันอันตรายขณะปฏิบัติงาน เช่น ตู้ชีวนิรภัยตู้ดูดควัน ตู้เก็บสารเคมีไวไฟ เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม การจัดสรรพื้นที่ตามระดับความปลอดภัยดังกล่าวต้องคำนึงถึง การบริหารพื้นที่ที่มีอยู่ให้เกิดความปลอดภัยโดยมีพื้นที่พอเพียงสำหรับปฏิบัติงานซึ่งต้องอาศัยปัจจัยในการพิจารณา ได้แก่

1. ลักษณะและขอบข่ายงานที่ปฏิบัติ ต้องพิจารณาว่างานที่ทำอยู่ในห้องปฏิบัติการนั้นเป็นงานที่เกี่ยวข้องกับอะไรบ้าง เช่น เป็นการทดลองเกี่ยวกับพืช การทดลองเกี่ยวกับสัตว์ การทดลองเกี่ยวกับเชื้อจุลชีพการทดลองที่ต้องสัมผัสกับสิ่งส่งตรวจ เป็นต้นเพื่อที่จะได้จัดสรรและออกแบบพื้นที่ให้เหมาะสมสำหรับปฏิบัติงาน
2. อุปกรณ์และเครื่องมือ เครื่องมือนับเป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ การจัดวางเครื่องมือให้เหมาะสมกับพื้นที่ต้องคำนึงถึงความจำเป็นและความถี่ในการใช้งาน

กำลังไฟฟ้าที่เครื่องมือนั้นต้องการ ขนาดและน้ำหนักของเครื่องมือที่โครงสร้างอาคารสามารถรองรับได้ ความสะดวกในการขนย้ายหรือทำความสะอาด

3. จำนวนผู้ปฏิบัติงานควรจัดสรรพื้นที่ให้เหมาะสมและพอเพียงต่อผู้ปฏิบัติงาน โดยต้องแบ่งพื้นที่ของเจ้าหน้าที่ที่ทำการทดลองให้มากกว่าพื้นที่ของเจ้าหน้าที่ที่ทำงานด้านธุรการและเอกสาร

### **ลักษณะโครงสร้างหลักของห้องปฏิบัติการ** ควรประกอบด้วยดังนี้

1. **ทางเข้าออก** หากมีผู้ปฏิบัติงานค่อนข้างมากควรกำหนดและจัดระเบียบการเข้าออก ควรแยกกันระหว่างประตูเข้าและประตูออก อาจจัดพื้นที่สำหรับผู้มาติดต่อที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยประตูควรปิดตลอดเวลาในขณะปฏิบัติงาน อาจจัดหน่วยรักษาความปลอดภัยเพื่อดูแลการเข้าออกหรืออาจใช้ระบบการเข้าออกโดยระบบคีย์การ์ด

2. **ขนาดประตู** ประตูห้องปฏิบัติการต้องมีขนาดกว้างพอที่จะสามารถนำเครื่องมือขนาดใหญ่เข้าออกได้สะดวก และสามารถเปิดกว้างเพื่อให้ผู้คนเข้าออกได้อย่างสะดวกในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน ประตูห้องปฏิบัติการที่ดีควรเป็นแบบ door and half คือ เป็นประตู 2 บาน โดยมีบานหนึ่งใหญ่อีกบานหนึ่งมีขนาดเล็ก บานที่มีขนาดใหญ่จะถูกใช้เปิดปิดประจำส่วนบานเล็กจะถูกใช้ในกรณีมีการขนย้ายอุปกรณ์

3. **พื้นห้องปฏิบัติการ** พื้นห้องต้องสามารถรองรับเครื่องมืออุปกรณ์ที่มีน้ำหนักมากได้ ควรผลิตด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง ทนทานต่อสารเคมีที่เป็นกรดและด่างได้ดี พื้นผิวต้องไม่ลื่น สามารถทำความสะอาดได้ง่าย โดยทั่วไปมักเป็นพื้นคอนกรีตหรือพื้นหินขัดที่ปูทับด้วยแผ่นยางประเภท polyvinyl อีกชั้นหรือปูทับด้วยพรมน้ำมันที่ไม่มีรอยต่อ สามารถลดอุบัติเหตุจากการสะดุดล้มได้

4. **โต๊ะปฏิบัติการ** มีทั้งชนิดติดตั้งถาวรและชนิดเคลื่อนย้ายได้ ความสูงมาตรฐานของโต๊ะประมาณ 29-30 นิ้ว (หากนั่งทำงาน) และ 36-37 นิ้ว (หากยืนทำงาน) ผลิตจากวัสดุที่คงทนทนต่อความร้อน ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี และทำความสะอาดง่าย โดยที่นิยมส่วนมากจะทำจากไม้เนื้อแข็งหินขัด ปูนซีเมนต์ และปูทับพื้นโต๊ะด้วยแผ่นฟอร์มิกา (Formica) แผ่นโลหะหรือแผ่นพลาสติกชนิดพิเศษ พื้นโต๊ะต้องเรียบไร้รอยต่อ เพื่อป้องกันการสะสมของสารพิษและเชื้อโรค

5. **ระบบถ่ายเทอากาศ** ระบบการถ่ายเทอากาศที่ดีจะช่วยลดระดับของไอหรือควันจากสารเคมีควรติดตั้งระบบดูดอากาศเสียจากภายในออกสู่ภายนอกเพื่อป้องกันการหมุนเวียนอากาศเสียภายในห้องปฏิบัติการ ตำแหน่งช่องนำอากาศเข้าต้องห่างจากที่เกิดอากาศเสียและช่องระบายอากาศทิ้งไม่น้อยกว่า 5 เมตรและอยู่สูงไม่น้อยกว่า 3 เมตร ห้องปฏิบัติการควรติดตั้งอุปกรณ์ช่วยลดอันตรายจากสารเคมีและเชื้อจุลชีพ (Local Exhaust Ventilation; LEV) เช่น พัดลมดูดอากาศ ตู้ดูดควัน ตู้ชีวนิรภัยที่มีแผ่นกรอง HEPA ในการดักจับจุลชีพตลอดจนติดตั้งระบบดูดอากาศเสียจากภายในออกสู่ภายนอกเพื่อป้องกันการหมุนเวียนอากาศเสียภายในห้องปฏิบัติการ

**6. ระบบสาธารณูปโภค** ซึ่งประกอบไปด้วย ระบบน้ำประปา ไฟฟ้าแก๊สและระบบสื่อสาร ซึ่งมีความสำคัญสำหรับห้องปฏิบัติการ จึงควรมีการวางแผนผังให้เหมาะสม เจ้าหน้าที่ทุกคนควรทราบตำแหน่งที่ตั้งและวิธีการเปิดปิดวาล์วน้ำ แก๊ส และแผงควบคุมวงจรไฟฟ้า เพื่อสามารถเปิดปิดได้ทันทีในกรณีเหตุฉุกเฉิน การออกแบบท่อน้ำ ท่อแก๊ส หรือของเหลวประเภทอื่นไปตามท่อ ควรมีการระบุลูกศรแสดงทิศทางการไหล รวมทั้งระบุชื่อในแต่ละท่อว่าเป็นท่อสำหรับส่งผ่านสิ่งใด โดยกำหนดสีของตัวอักษรตามชนิดของสารเช่น สารเคมีอันตรายสูง (สารไวไฟสารที่มีแรงดันสูง สารเคมีที่เป็นพิษสูง สารกัมมันตภาพรังสี) ควรใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีเหลือง สารเคมีอันตรายน้อย (เช่น แก๊สหรือของเหลวผสม) ควรใช้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีเขียว สารที่ใช้ดับเพลิง (น้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) ควรใช้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีแดง การติดตั้งระบบแก๊สควรเป็นระบบนำส่งตามท่อจากหน่วยกลาง ไม่ควรใช้ระบบแก๊สเป็นถังย่อย และควรมีการติดตั้งระบบตัดแก๊สอัตโนมัติ เพื่อป้องกันการเกิดแก๊สรั่วและการระเบิด

**7. อ่างน้ำ** ห้องปฏิบัติการควรมีอย่างน้อย 2 แห่งซึ่งแยกจากกันโดยกำหนดจุดหนึ่งเป็นอ่างล้างมือเท่านั้น อีกจุดหนึ่งใช้สำหรับล้างวัสดุอุปกรณ์ อ่างน้ำควรทำมาจากวัสดุที่ทนทานต่อสารเคมี เช่น สแตนเลส (stainless) โพลีโพรพิลีน (polyethylene) เป็นต้น ท่อน้ำทั้งควรแยกออกจากท่อน้ำเสียทั่วไปลายท่อน้ำทิ้งควรต่อไปยังระบบบำบัดน้ำเสียก่อนการส่งออกไปยังภายนอก

**8. ความสว่าง** ควรมีแสงสว่างเพียงพอสำหรับการปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันความผิดพลาดและอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานหากเป็นได้ควรออกแบบอาคารให้รับแสงอาทิตย์ที่เพียงพอเพื่อประหยัดพลังงานโดยอาจมีหน้าต่างบานใหญ่เพื่อรับแสงอาทิตย์ได้เต็มที่ ความสว่างที่เหมาะสมในห้องปฏิบัติการไม่ควรน้อยกว่า 500-1,000 ลักซ์ ปริมาณแสงสว่างอาจขึ้นอยู่กับประเภทห้องและจุดประสงค์ของการใช้งานเช่นห้องเก็บของอาจไม่ต้องการแสงสว่างมากเท่ากับห้องปฏิบัติการเพราะสารเคมีบางชนิดห้ามโดนแสง เป็นต้น

**9. อุณหภูมิและความชื้น** ควรติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่ผู้ปฏิบัติงาน และเครื่องมือ ห้องปฏิบัติการควรมีอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 21-24 องศาเซลเซียส ความชื้น  $50 \pm 10\%$  RH

**10. ตู้ชีวนิรภัย (Biological Safety Cabinet)** เป็นอุปกรณ์ควบคุมการไหลของอากาศที่ให้การปกป้องสามประการ ได้แก่ ปกป้องผู้ใช้งาน ปกป้องชิ้นงาน และปกป้องสิ่งแวดล้อมอาศัยการทำงานของอุปกรณ์ที่สำคัญ 2 ชนิด ได้แก่ 1) มอเตอร์พัดลมสำหรับควบคุมแรงลมและทิศทางการไหลของอากาศ และ 2) แผ่นกรองประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Particulate Air filter; HEPA) สำหรับกรองอนุภาค เช่น จุลชีพหรือฝุ่นผงที่ไม่ต้องการให้ปนเปื้อนแผ่นกรอง HEPA สำหรับใช้ในตู้ชีวนิรภัยจะต้องมีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคนขนาด 0.3 ไมครอน ได้มากกว่า 99.99 % แผ่นกรอง HEPA ไม่สามารถกรองไอระเหยสารเคมีได้ ตู้ชีวนิรภัยแบ่งย่อยเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) ตู้ชีวนิรภัย Class I 2) ตู้ชีวนิรภัย Class II และ 3) ตู้ชีวนิรภัย Class III โดยตู้ชีวนิรภัยที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการมากที่สุดได้แก่ตู้ชีวนิรภัยชนิด Class II รายละเอียดของตู้ชีวนิรภัยแต่ละชนิดโปรดดูรายละเอียดในบทที่ 8 เครื่องมือที่มีผลต่อความปลอดภัยทางชีวภาพ



ในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะตู้ชีวนิรภัยชนิด Class II ซึ่งแบ่งย่อยออกได้อีก 4 ชนิด คือ Type A1, Type A2, Type B1, และ Type B2 ซึ่งสรุปความแตกต่างของแต่ละชนิดไว้ในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 คุณสมบัติและการใช้งานที่เหมาะสมของตู้ชีวนิรภัย Class II

	ตู้ชีวนิรภัย Class II Type			
	A1	A2	B1	B2
ความเร็วลมเข้าหน้าตู้ (ฟุตต่อนาที)	75	100	100	100
ระบบหมุนเวียนอากาศ ใช้ภายในตู้	ระบายออก 30% ใช้ในตู้ 70%		ระบายออก 70% ใช้ในตู้ 30%	ไม่มีการหมุนเวียน ระบายออกทั้งหมด
ลักษณะพิเศษภายนอก	-	(อาจมี) ท่อระบาย อากาศแบบชุดฝาค ร อ บ ดู ด ค วั น (canopy) เป็นระบบ ระบายอากาศเฉพาะ จุด	จำเป็นต้องต่อกับระบบระบายอากาศของ อาคาร และเป็นการเชื่อมต่อแบบปิดเท่านั้น ต้องมีระบบ interlock ซึ่งเป็นกลไกป้องกันใน กรณีที่เกิดลมระบายอากาศของอาคารระบาย อากาศลดลงเกิน 20%	
ใช้ สารเคมี ที่มี โอ ระ เหย สารเคมี อันตราย สารเคมีไวไฟ หรือ สารกัมมันตรังสี	ไม่ควรใช้	ใช้ได้ปริมาณน้อยแต่ ต้องเชื่อมกับระบบ ระบายอากาศผ่านฝาค ร อ บ ดู ด ค วั น	ใช้ได้ปริมาณน้อย	ใช้ได้ปริมาณมาก

**11. ตู้ดูดควัน (Fume hood)** เป็นเครื่องมือที่มีความจำเป็นมากในห้องปฏิบัติการหากต้องปฏิบัติงานกับสารเคมีหรือสารพิษตู้ดูดควันส่วนใหญ่ติดตั้งเข้ากับระบบระบายอากาศของตัวอาคาร ตู้ดูดควันส่วนใหญ่ประกอบด้วยพัดลมดูดอากาศในท่อดูดอากาศเสียโดยใช้ระบบ negative pressure เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศที่ปนเปื้อนเล็ดลอดไปได้ โดยทั่วไปมักใช้กับการปฏิบัติงานที่เกี่ยวกับกรด ด่าง สารทำลายละลาย ประตูดูดอากาศเปิดแนวตั้ง (vertical sash) หรือประตูเปิดแนวนอน (horizontal sash) การทำงานของตู้ดูดควันขึ้นกับค่า face velocity ซึ่งเป็นค่าของอัตราความเร็วโดยเฉลี่ยของอากาศต่อหน่วยพื้นที่ที่ไหลเข้าไปในตู้แบบตั้งฉากกับ hood face โดยอัตราที่เหมาะสมคือ 100-150 ฟุตต่อนาที สำหรับการใช้งานกับสารเคมีที่มีอันตรายและความเป็นพิษสูง ส่วนการใช้งานกับสารเคมีที่มีความเป็นพิษน้อยถึงปานกลางอาจใช้ความเร็วที่อัตรา 80-100 ฟุตต่อนาที ก็เพียงพอ และควรติดตั้งตู้ดูดควันไว้บริเวณด้านในสุดของห้องและต้องห่างจากประตู หน้าต่างหรือทางเดินเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของอากาศบริเวณประตูหน้าต่างซึ่งอาจรบกวนระบบไหลเวียนอากาศของตู้ดูดควันได้ และขณะใช้ตู้ดูดควันควรยืนห่างจากตู้อย่างน้อยประมาณ 6 นิ้ว ควรสวมถุงมือ แว่นตานิรภัยและเสื้อคลุม ขณะปฏิบัติงานกับสารเคมีในตู้ดูดควัน และไม่ควรใช้ตู้ดูดควันเป็นที่เก็บสารเคมีทุกชนิด

**12. ตู้เก็บสารเคมี** วัสดุที่ใช้ทำตู้ส่วนใหญ่คือโลหะชนิด epoxy-coated steel และพลาสติกชนิด polyethylene แต่ส่วนใหญ่มักนิยมกลุ่ม epoxy-coated steel เพราะทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีประตูดู้อาจมีทั้งประตูเดียวและประตูคู่ และต้องมีการติดสัญลักษณ์ให้ทราบว่าเป็นสารเคมีประเภทใดหากต้องเก็บสารเคมีประเภทไวไฟ ตู้เก็บอาจทำด้วย epoxy-coated steel แบบมีผนังหนาสองชั้นและบุด้วยฉนวนกันไฟ ห้ามเก็บสารเคมีโดยเรียงตามตัวอักษรควรเก็บสารเคมีตามหลักการการเข้ากันได้ (compatible) การจัดเก็บสารเคมีไวไฟสามารถวางรวมกับสารกลุ่มเดียวกันได้แต่ไม่เกิน 5 ขวด (ขวดละ 1 แกลลอน) และควรวางห่างจากแหล่งกำเนิดความร้อน เช่น ตู้เย็น เครื่องใช้ไฟฟ้าตำแหน่งที่ตั้งของตู้เก็บสารเคมีไม่ควรอยู่ใกล้ประตูทางขึ้นหรือลงรถที่เป็นแก้วควรวางไว้ชั้นล่างสุดของตู้

**13. อุปกรณ์ล้างตาฉุกเฉิน (Emergency eye wash)** ควรติดตั้งไว้ประจำที่และจำเป็นต้องมีวางอยู่ห่างจากที่ปฏิบัติงานประมาณ 25-50 ฟุต หรือใช้เวลาสามารถเข้าถึงจุดได้ภายใน 10 วินาที และระหว่างทางไม่ควรมีสิ่งกีดขวางการเปิดน้ำอาจใช้ระบบเปิดด้วยเท้า (foot paddle) หรือใช้มือผลัก (push bar) ควรให้น้ำพุ่งเข้าตาผ่านทางฐานจุ่มโดยไม่ให้น้ำพุ่งเข้าลูกตาโดยตรง และใช้น้ำบังคับเปลือกตาเพื่อให้ น้ำล้างตาได้ทั่วถึง หัวพ่นน้ำควรที่จะมีฝาครอบป้องกันฝุ่นละอองและควรทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอโดยการ flush น้ำทิ้งอย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง

**14. ฝักบัวฉุกเฉิน (Deluge shower)** ควรติดตั้งในบริเวณเดียวกันกับเครื่องล้างตาหรือตำแหน่งที่สามารถเข้าถึงได้ภายใน 10 วินาที ฝักบัวควรสูงจากพื้นประมาณ 7-8 ฟุต ห่างจากกำแพงอย่างน้อย 25 นิ้ว การเปิดฝักบัวอาจใช้ตัวผลัก (paddle) หรือใช้การดึงโซ่ ฝักบัวฉุกเฉินมีอยู่ 3 แบบ คือ

- 14.1 แบบยึดติดกับฝ้าผนัง (ceiling / wall type) โดยน้ำจะไหลลงศีรษะอย่างต่อเนื่อง
- 14.2 แบบที่เป็นสายยางฉีดตัวร่วมกับฝักบัว (wall-mounted drench hose) โดยการใช้งานสามารถฉีดล้างเฉพาะบริเวณที่เปื้อนได้
- 14.3 แบบฝักบัวฉุกเฉินที่ติดตั้งคู่กับเครื่องล้างตา (floor-mounted emergency combination) สามารถชำระล้างได้ทั้งตา ใบหน้า และลำตัวในเวลาเดียวกัน

**15. ระบบเตือนภัย** ต้องมีการติดตั้งระบบเตือนภัยคู่กับถังดับเพลิงในห้องปฏิบัติการระบบเตือนภัยที่ดีต้องส่งเสียงดังได้ทั่วอาคารอาจเป็นเสียงกระดิ่งหรือเสียงระฆังและอาจมีไฟสีแดงกระพริบโดยระบบเตือนภัยประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ

- 15.1 กล้องกระตุ้นให้กระดิ่งหรือสัญญาณทำงานที่เรียกว่า “pullstation” จะมีสีแดงมีทั้งลักษณะเป็นรูปตัวที(T) กระตุ้นการทำงานโดยดึงก้านตัวทีลงมาตรงๆหรืออีกแบบจะมีลักษณะเป็นตัวทีแต่จะมีกระดิ่งกันต้องใช้ค้อนหรือโลหะทุบกระดิ่งก่อนถึงจะสามารถดึงตัวทีได้
- 15.2 ส่วนที่สองเป็นส่วนที่เป็นกระดิ่งหรือระฆังเตือนภัย จะมีสีแดงหรือสีน้ำเงิน ติดตั้งไว้บนกำแพงเหนือกล้อง pullstation โดยสามารถส่งเสียงและมีไฟกระพริบในขณะที่กระดิ่งดัง

**16. ชุดอุปกรณ์ดับเพลิง** ในห้องปฏิบัติการมีอยู่สองแบบ คือชนิดติดตั้งถาวรได้แก่น้ำพุพ่นแบบอัตโนมัติ และชนิดเคลื่อนย้ายได้ ประกอบด้วยชุดท่อประปาดับเพลิง (fire hose) และถังดับเพลิง ทั้งสองชนิดควรเก็บไว้ในตู้ที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนและไม่ควรล็อกตู้ สายท่อประปามีความยาวอย่างน้อย 100 ฟุต ส่วนถังดับเพลิงมีอยู่หลายประเภทขึ้นอยู่กับต้นกำเนิดของเพลิงซึ่งควรจัดหาชนิดของถังดับเพลิงที่เหมาะสมกับงานที่ปฏิบัติ ประเภทของเพลิงสามารถแบ่งได้ ดังนี้

- 16.1 ไฟประเภท A ได้แก่ เพลิงที่เกิดขึ้นจากวัสดุติดไฟทั่วไปเช่นผ้ากระดาษและพลาสติก ไฟประเภทนี้ดับได้ด้วยการใช้น้ำฉีดเป็นฝอย
- 16.2 ไฟประเภท B ได้แก่ เพลิงที่เกิดจากของเหลวหรือแก๊สเช่นน้ำมัน แก๊สจารบีและสิ่งที่ใช้สำหรับล้างละลายทำความสะอาดได้ด้วยวิธีป้องกันไม่ให้อากาศเข้าไปรวมกับเชื้อเพลิงหรือลดอุณหภูมิของเชื้อเพลิงโดยใช้โฟมผงเคมีฮาโลนหรือคาร์บอนไดออกไซด์
- 16.3 ไฟประเภท C ได้แก่ เพลิงที่เกิดจากอุปกรณ์เครื่องมือไฟฟ้าการดับไฟต้องพยายามตัดวงจรไฟฟ้าเสียก่อนเพื่อลดอันตรายลงการดับไฟต้องใช้สารเคมีที่ไม่เป็นสื่อไฟฟ้าเช่นฮาโลนคาร์บอนไดออกไซด์หรือเคมีแห้ง
- 16.4 ไฟประเภท D ได้แก่ เพลิงที่เกิดจากวัสดุจำพวกโลหะติดไฟเช่นแมกนีเซียมโซเดียมโพแทสเซียมลักษณะการลุกไหม้ให้ความร้อนสูงรุนแรงมากการดับเพลิงประเภทนี้ให้ใช้สารเคมีจำพวกเกลือแกงหรือทรายแห้ง

**ตารางที่ 6.2 รายละเอียดของถังดับเพลิงแต่ละชนิด**

ถังดับเพลิง	รายละเอียด
ถังดับเพลิงชนิด BF2000	การฉีดออกเป็นแก๊สเหลวระเหยสามารถใช้ได้กับไฟชนิด A B และ C เหมาะสำหรับสถานที่ที่ใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สื่อสารในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เรือเครื่องบินและรถถัง
ถังดับเพลิงชนิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO <sub>2</sub> )	ลักษณะน้ำยาที่ออกมาเวลาฉีดจะเป็นหมอกหิมะที่ไล่ความร้อนและออกซิเจนสามารถใช้กับไฟชนิด B และ C เหมาะสำหรับใช้ภายในอาคารไฟที่เกิดจากแก๊ส น้ำมันและไฟฟ้า
ถังดับเพลิงชนิด HCFC-123	ลักษณะการฉีดออกเป็นแก๊สเหลวระเหย น้ำยาชนิดนี้สามารถใช้กับไฟชนิด A B และ C เหมาะสำหรับใช้กับสถานที่ที่ใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สื่อสารในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เรือ เครื่องบินและรถถัง

17. ทางหนีไฟ การกำหนดขนาดและจำนวนของประตูหนีไฟขึ้นกับสถานที่ตั้ง ขนาดของอาคาร และจำนวนผู้ปฏิบัติงาน ในแต่ละชั้นควรมีทางหนีไฟอย่างน้อยสองทางที่แยกกัน ทางหนีไฟควรมีระยะทางที่สั้นที่สุดที่สามารถนำออกไปสู่ภายนอกอาคารได้เร็วที่สุด และป้ายแสดงทางหนีไฟควรมีคอมไฟสว่างในตัวในเวลากลางคืนตลอดเวลาที่มิคนใช้อาคารโดยป้ายที่ใช้ควรเป็นไปตามมาตรฐาน เช่น สมอ. หากเป็นห้องปฏิบัติการที่ตั้งอยู่ในอาคารที่มีมากกว่า 2 ชั้น ประตูห้องปฏิบัติการต้องสามารถเปิดไปสู่โถงทางเดินกลางได้ และสามารถนำไปยังประตูหนีไฟได้ทันทีตามเส้นทางเดินและฝานั่งควรมีการแสดงสัญลักษณ์ลูกศรนำทางเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทราบว่าประตูหนีไฟอยู่ในทิศทางใด ประตูหนีไฟควรทำจากวัสดุทนไฟหรือเป็นโลหะที่ทนไฟได้ดีและควรปิดอยู่เสมอรวมทั้งแสดงสัญลักษณ์บริเวณประตูหนีไฟว่า “ทางออก” หรือ “Exit” จัดให้มีป้ายบอกทางออกฉุกเฉินภายในห้องปฏิบัติการซึ่งเป็นป้ายที่ใช้แสดงทางออกฉุกเฉินหรือทางหนีภัย







---

## บทที่ 7

### ระบบบริหารจัดการความปลอดภัยและการรักษาความปลอดภัยห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ(Laboratory Biosafety and Biosecurity Management)

---

ระบบบริหารจัดการความมั่นคงและความปลอดภัยห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพต้องประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. นโยบายความปลอดภัย
2. แผนบริหารจัดการความปลอดภัย
3. การมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบ
4. การฝึกอบรม

#### นโยบายความปลอดภัย

อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ต้องกำหนด อนุมัติ ลงนาม และประกาศนโยบายความปลอดภัย และการรักษาความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพเพื่อแสดงให้เห็นถึงความมุ่งมั่นที่จะสนับสนุน การบริหารจัดการให้เกิดความปลอดภัยต่อบุคลากรผู้ปฏิบัติงาน หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ชุมชนและสิ่งแวดล้อม นโยบายความปลอดภัยต้องกล่าวถึง วัตถุประสงค์ แผนงานหรือยุทธศาสตร์ที่ตรงเป้าและชัดเจน ดำเนินการ ได้จริง และมีการกำกับดูแลความปลอดภัยในทุกระดับให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันจนบรรลุเป้าหมายทั้งนี้ ต้องเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานมีส่วนร่วมในการกำหนดนโยบายโดยนโยบายจะต้องระบุวัตถุประสงค์อย่าง ชัดเจนในหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ห้องปฏิบัติการมีการบริหารจัดการความเสี่ยงในการทำงานกับสารชีวภาพอันตรายที่มี ประสิทธิภาพ สามารถปกป้องบุคลากร ผู้เกี่ยวข้อง ผู้มาใช้บริการ ชุมชนและสิ่งแวดล้อมจาก สารชีวภาพอันตรายที่จัดเก็บหรือดำเนินการภายในห้องปฏิบัติการ
2. ลดความเสี่ยงอันตรายที่เกิดจากการหลุดรอดของสารชีวภาพอันตรายออกจากห้องปฏิบัติการ โดยไม่ตั้งใจ หรือ ถูกลักลอบขโมยออกจากห้องปฏิบัติการ
3. ปฏิบัติตามข้อกำหนดของกฎหมายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยและอาชีวอนามัย
4. มีการสื่อสารความเสี่ยงด้านชีวภาพให้กับบุคลากรทุกระดับอย่างมีประสิทธิภาพ
5. มีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการบริหารจัดการความปลอดภัยด้านชีวภาพอย่างต่อเนื่อง

## แผนบริหารจัดการความปลอดภัย

อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ต้องดำเนินการให้มีการจัดทำแผนและอนุมัติแผนการพัฒนาระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยห้องปฏิบัติการขององค์กร อาจจัดทำเป็นแผนระยะยาว 3 หรือ 5 ปี แต่ต้องมีแผนปฏิบัติการประจำปีทุกปี

การจัดทำแผนพัฒนาระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยห้องปฏิบัติการขององค์กร เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ข้อกำหนดที่ประเทศไทยต้องดำเนินการตามกฎหมายระหว่างประเทศ (International Health Regulation) และกฎหมายอื่น
2. พัฒนาห้องปฏิบัติการสู่มาตรฐานสากล
3. นำนโยบายความปลอดภัยขององค์กรไปสู่การปฏิบัติที่บรรลุวัตถุประสงค์ของนโยบาย
4. ลดความเสี่ยงอันตรายกับการทำงานกับสารชีวภาพอันตราย
5. แก้ไขข้อบกพร่องที่ได้รับจากการถูกตรวจติดตามจากองค์กรภายนอก
6. พัฒนางค์กรอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

แผนพัฒนาระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยห้องปฏิบัติการประจำปีจะต้องระบุ: กิจกรรม วัตถุประสงค์ ระยะเวลาดำเนินกิจกรรม ผู้รับผิดชอบ และงบประมาณดำเนินการ

นอกจากการจัดทำแผนพัฒนาระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยห้องปฏิบัติการขององค์กร ห้องปฏิบัติการและหน่วยงานสนับสนุนที่เกี่ยวข้องต้องจัดทำแผนปฏิบัติการประจำปีในส่วนที่เกี่ยวข้องของตนเอง เพื่อให้มั่นใจว่าแผนพัฒนาระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยห้องปฏิบัติการขององค์กรบรรลุวัตถุประสงค์และดำเนินการครบถ้วนตามแผน

## การมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบ

อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์มอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบเกี่ยวกับความปลอดภัยให้แก่เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ (laboratory safety officer) หัวหน้าห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่บริหารทั่วไปและเจ้าหน้าที่ทุกระดับ เพื่อให้บุคลากรทุกคนตระหนักและมีส่วนร่วมในการพัฒนาระบบบริหารความปลอดภัยขององค์กร

## เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ (Laboratory safety officer)

ผู้บริหารระดับสูงขององค์กรต้องแต่งตั้งเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยห้องปฏิบัติการอาจแต่งตั้งเป็นรายบุคคลหรือกลุ่มบุคคลตามความเหมาะสมกับขนาดและภารกิจของหน่วยงานหรือน้อยกว่าจำนวน 1 คน เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยห้องปฏิบัติการต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. มีประสบการณ์ทำงานในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์อย่างต่อเนื่องมาไม่น้อยกว่า 2 ปี มีความรู้และความชำนาญในการทำงานกับสารชีวภาพอันตราย

2. มีความรู้ ประสบการณ์ และผ่านการอบรมเรื่องความปลอดภัยด้านชีวภาพหรือการปฏิบัติงานกับสารชีวภาพอันตราย

หน้าที่ของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ มีดังนี้

1. ประสานงาน และขับเคลื่อนการดำเนินงานด้านความมั่นคงปลอดภัยห้องปฏิบัติการให้บรรลุผลสำเร็จตามนโยบายของหน่วยงาน และเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดกฎหมายและมาตรฐานสากล

2. จัดทำแผนการพัฒนาระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยห้องปฏิบัติการขององค์กรและขับเคลื่อนให้มีการดำเนินการตามแผน

3. ให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีปฏิบัติด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ การจัดทำเอกสารหรือมาตรฐานวิธีปฏิบัติงาน ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับวิธีปฏิบัติด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ

4. สนับสนุนและให้ความร่วมมือกับเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการในการประเมินความเสี่ยงห้องปฏิบัติการ (laboratory risk assessment)

5. ประสานงานจัดการฝึกอบรม และการตรวจประเมินความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ

6. รับแจ้งเหตุ ดำเนินการจัดการกรณีเกิดอุบัติเหตุ หรือเหตุฉุกเฉินเร่งด่วน ที่มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการประสานงานสืบสวนหาสาเหตุ ติดตามการป้องกันแก้ไข และรายงานผลตรงต่อผู้อำนวยการหรือหัวหน้าหน่วยงาน

**หัวหน้าห้องปฏิบัติการ** หน้าที่ ดังนี้

1. ประสานงานกับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยห้องปฏิบัติการเพื่อขับเคลื่อนการดำเนินงานบริหารความมั่นคงปลอดภัยห้องปฏิบัติการให้บรรลุผลสำเร็จตามนโยบายและแผนการพัฒนาระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยห้องปฏิบัติการขององค์กรและให้เป็นไปตามข้อกำหนดกฎหมายและมาตรฐานสากล

2. จัดทำแผนพัฒนาระบบบริหารความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการประจำปี และขับเคลื่อนให้มีการดำเนินการตามแผน

3. บริหารจัดการ ควบคุม กำกับ ตรวจสอบ ติดตามผลการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ภายในห้องปฏิบัติการ ให้เป็นไปตามระเบียบและวิธีปฏิบัติเรื่องความปลอดภัยของหน่วยงานตามข้อกำหนดของกฎหมายและมาตรฐานสากล

4. ประเมินความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในการทำงานกับสารชีวภาพอันตราย และจัดทำแผนลดความเสี่ยงและบริหารความเสี่ยง

5. จัดทำวิธีปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยในการทำงานกับสารชีวภาพอันตราย เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

6. ฝึกอบรมวิธีปฏิบัติเรื่องความปลอดภัยแก่เจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการ ก่อนอนุญาตให้ลงมือปฏิบัติงานจริง และติดตามประเมินผลการปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอเป็นประจำ



7. สนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการตรวจประเมินความปลอดภัยห้องปฏิบัติการตามระยะเวลาที่กำหนดในแผนของหน่วยงาน

8. ดำเนินการจัดการกรณีเกิดอุบัติเหตุ หรือเหตุฉุกเฉินเร่งด่วน ที่มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ ประสานงานสืบสวนหาสาเหตุ ติดตามการป้องกันแก้ไข และรายงานผลตรงต่อผู้อำนวยการหรือหัวหน้าหน่วยงาน

### **เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ หน้าที่ ดังนี้**

1. ปฏิบัติตามระเบียบ วิธีการ มาตรฐานความปลอดภัยในการปฏิบัติงานกับสารชีวภาพอันตราย
2. ให้ความร่วมมือและปฏิบัติตามแผนพัฒนาระบบบริหารความปลอดภัยประจำปีของห้องปฏิบัติการ และของหน่วยงาน
3. รายงานความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายและอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการต่อหัวหน้าห้องปฏิบัติการ

### **เจ้าหน้าที่บริหารทั่วไปและนายช่างเทคนิค**

ผู้บริหารระดับสูงขององค์กร มอบหมายเจ้าหน้าที่บริหารทั่วไป และ/หรือนายช่างเทคนิค เพื่อรับผิดชอบหน้าที่เรื่องระบบบริหารความปลอดภัยดังนี้

1. ประสานงานกับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยห้องปฏิบัติการและหัวหน้าห้องปฏิบัติการ เพื่อบริหารจัดการและขับเคลื่อนระบบความปลอดภัยห้องปฏิบัติการตามนโยบายและแผนของหน่วยงาน
2. บริหารจัดการความมั่นคงปลอดภัยอาคารสถานที่ การควบคุมการเข้าออก และการป้องกัน อัคคีภัย โจรภัย และอุทกภัย
3. จัดระบบสาธารณูปโภค (น้ำประปา ไฟฟ้า และโทรศัพท์) กำกับดูแลและตรวจสอบ ให้พร้อมใช้งาน
4. จัดการกรณีเกิดอุบัติเหตุ หรือเหตุฉุกเฉินเร่งด่วน

### **การฝึกอบรม**

บุคลากรทุกคนของหน่วยงานต้องได้รับการฝึกอบรมเรื่องความปลอดภัยในการปฏิบัติงานที่เหมาะสมกับหน้าที่ความรับผิดชอบ ก่อนอนุญาตให้เริ่มปฏิบัติงานจริงและต้องได้รับการฝึกอบรมซ้ำทุกปี เพื่อสร้างจิตสำนึกในเรื่องความปลอดภัยให้แก่ผู้ปฏิบัติงานและเพื่อให้มั่นใจว่าจะทำงานได้อย่างถูกต้องปลอดภัย

หัวหน้าห้องปฏิบัติการ หัวหน้าหน่วยงานสนับสนุน และเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ ร่วมกันพิจารณาและจัดทำแผนการฝึกอบรมโดยพิจารณาดังนี้

1. ประเมินความต้องการเรื่องที่ต้องอบรม โดยกำหนดและจำแนกภาระงานที่เกี่ยวข้อง จัดลำดับความสำคัญของงาน และรายละเอียดของขั้นตอนที่จำเป็นหรือต้องระวังเป็นพิเศษ
2. การกำหนดวัตถุประสงค์การฝึกอบรม วัตถุประสงค์อาจตอบรับสภาวะการณ์ภายใต้กิจกรรมที่ระดับปฏิบัติและระดับความชำนาญต้องการ

### 3. การกำหนดเนื้อหาและสื่อการฝึกอบรม ให้เหมาะสมกับลักษณะงานหรือประเภทของกลุ่มผู้รับการอบรม

ตัวอย่างหัวข้อการอบรมความปลอดภัยเช่น

- ชนิดหรือประเภทอันตราย (กายภาพ เคมี รังสี สารชีวภาพ)
- ความรู้เบื้องต้นระบบความมั่นคงและความปลอดภัยทางชีวภาพ
- ระเบียบปฏิบัติเรื่องความปลอดภัย
- ความปลอดภัยในการทำงานกับตัวอย่างจากผู้ป่วยและจุลชีพก่อโรค
- การเลือกชนิดและวิธีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล
- วิธีทำลายเชื้อ
- การเลือกและใช้น้ำยาฆ่าเชื้อ
- การจัดการขยะและของเสียจากห้องปฏิบัติการ
- การขนส่งวัตถุตัวอย่างอันตราย
- การใช้เครื่องมือ
- การจัดการสารเคมี สารชีวภาพอันตราย และตัวอย่างผู้ป่วย แดกหักหรือหกหล่น

4. การประเมินผลการฝึกอบรมต้องมีการประเมินความเข้าใจของบุคลากรและประเมินผลการฝึกอบรม เพื่อช่วยในการตัดสินใจว่าการฝึกอบรมบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่การประเมินผลการฝึกอบรมสามารถทำได้ 4 รูปแบบคือ

- วัดการตอบสนองของผู้เข้ารับการฝึกอบรมต่อการสอน
- การวัดความจำและ/หรือการปฏิบัติงานของผู้เข้ารับการฝึกอบรม
- การประเมินการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการทำงาน
- การวัดผลที่เป็นรูปธรรมในแง่ของวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายขององค์กร

ต้องจัดทำบันทึกและเก็บข้อมูลประวัติผลการฝึกอบรมไว้เพื่อยืนยันและแสดงให้เห็นถึงระดับของความสามารถของบุคลากร

5. การทบทวนการฝึกอบรม เพื่อปรับปรุงเนื้อหาและวิธีการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นหรือการใช้เทคนิคการสอนอื่นหรือการเลือกผู้สอนที่มีความสามารถมากขึ้น

เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ และเจ้าหน้าที่เก็บตัวอย่าง รับผิดชอบ และขนส่งตัวอย่างผู้ป่วยโรคอันตรายร้ายแรง ต้องได้รับการอบรมความปลอดภัยในการทำงานเชื้อโรคอันตรายร้ายแรง และต้องมีการประเมินความรู้ ความสามารถในการเรื่องความปลอดภัยในการทำงานก่อนปฏิบัติงานจริง หากไม่ผ่านการประเมินต้องได้รับการอบรมซ้ำ

เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยห้องปฏิบัติการและหัวหน้าห้องปฏิบัติการ ต้องได้รับการอบรมเรื่องความปลอดภัยอย่างต่อเนื่อง อย่างน้อยปีละครั้ง โดยเฉพาะเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยห้องปฏิบัติการต้องได้รับการอบรมตามกรอบเนื้อหาสาระที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กำหนด ภายใต้กฎหมายว่าด้วยเชื้อโรคและพิษจากสัตว์



## บทที่ 8

### เครื่องมือที่มีผลต่อความปลอดภัยทางชีวภาพ (Safety Equipment)

เครื่องมือ ถือเป็นส่วนหนึ่งของการควบคุมด้านวิศวกรรม วัตถุประสงค์เพื่อป้องกันจุลชีพก่อโรคในห้องปฏิบัติการไม่ให้หลุดรอดและเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ผู้ร่วมงานและสิ่งแวดล้อมการหลุดรอดของจุลชีพขณะใช้เครื่องมือมักเกิดจากสาเหตุดังนี้

1. การใช้เครื่องมือผิดประเภท ไม่เหมาะสม
2. การใช้เครื่องมือผิดวิธี
3. การใช้เครื่องมือที่มีความบกพร่อง

เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์ที่ใช้กันมากได้แก่

1. ประเภทที่ใช้การควบคุมแรงลม ได้แก่ ตู้ดูดควัน (fume hood) ตู้ชีวนิรภัย (Biological Safety Cabinet; BSC)
2. ประเภทที่ใช้ความร้อน ได้แก่ เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง (autoclave) ตู้อบความร้อน (hot air oven)

ในคู่มือนี้ขอกล่าวเฉพาะตู้ดูดควัน ตู้ชีวนิรภัย และเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง

#### ตู้ดูดควัน

เป็นอุปกรณ์ควบคุมการไหลของอากาศที่ออกแบบมาสำหรับใช้งานกับสารเคมีอันตราย สารเคมีไอระเหย หรือสารเคมีไวไฟ เพื่อปกป้องผู้ใช้งาน ตู้ดูดควัน มี 2 ชนิด คือ

1. ชนิดที่ต่อกับท่อระบายอากาศของอาคาร ซึ่งอาศัยการดูดไอระเหยสารเคมีออกจากพื้นที่ปฏิบัติงานผ่านระบบระบายอากาศของอาคาร ไอระเหยสารเคมีจะถูกเจือจางโดยอากาศภายนอก ข้อควรระวังของตู้ดูดควันแบบนี้คือ ต้องมั่นใจว่าระบบระบายอากาศของอาคารมีประสิทธิภาพเหมาะสม
2. ชนิดที่ดูดซับไอระเหยสารเคมีด้วย activated charcoal จึงไม่ต้องต่อท่อเข้ากับระบบระบายอากาศ ข้อควรระวังของตู้ดูดควันคือ ไม่ควรใช้ตู้ดูดควันกับงานที่ต้องการความสะอาดหรือการปฏิบัติงานกับจุลชีพก่อโรค เพราะไม่มีระบบป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรค หรือป้องกันการปนเปื้อนชิ้นงาน

#### ตู้ชีวนิรภัย

เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมการไหลของอากาศที่อาศัยหลักการทำงานของมอเตอร์พัดลมและแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Particulate Air; HEPA) ซึ่งมอเตอร์พัดลมจะเป็นตัวดูดและควบคุมแรงดันลมภายในตู้ให้อยู่ในสถานะที่เหมาะสมส่วนแผ่นกรอง HEPA จะช่วยกรองไม่ให้เชื้อจุลชีพจากการปฏิบัติงานภายในตู้หลุดออกสู่ภายนอกซึ่งเป็นการป้องกันอันตรายให้กับตัวผู้ปฏิบัติงานผู้ร่วมงาน และสิ่งแวดล้อมแผ่นกรองอากาศมีพับซ้อนกันและบรรจุไว้ในกรอบแข็งมีคุณสมบัติในการกรองอนุภาคแผ่นกรอง



โดยทั่วไปเช่น แผ่นกรองอากาศสำหรับ clean room จะมีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอน ได้ 99.97 % แต่สำหรับแผ่นกรองอากาศที่ใช้กับตู้ชีวนิรภัยจะต้องมีคุณสมบัติในการกรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอน ได้ถึง 99.99 %

ตู้ชีวนิรภัย มี 3 ประเภทคือ Class I Class II และ Class III ซึ่งรายละเอียดในแต่ละ Class สรุปได้ดังนี้

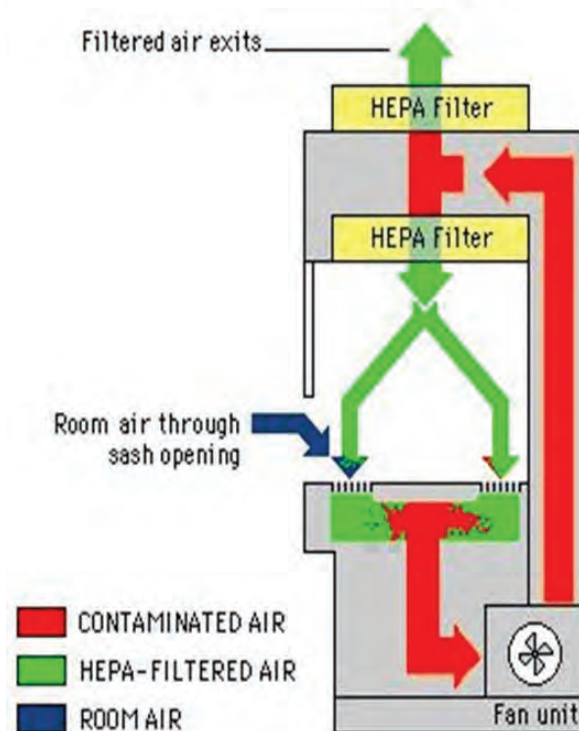
**1. ตู้ชีวนิรภัย Class I** ตู้ชนิดนี้อากาศจากภายนอกตู้จะไหลผ่านเข้ามาภายในตู้ก่อนระบายออกสู่ด้านนอก ทำให้ไม่สามารถปกป้องชิ้นงานและป้องกัน cross contamination แต่สามารถปกป้องผู้ใช้งานและปกป้องสิ่งแวดล้อมได้ โดยอากาศที่ออกจากตู้จะผ่าน HEPA filter ก่อนปล่อยออก สามารถใช้ปฏิบัติงานกับจุลชีพในห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 1-3 ที่มีลักษณะงานไม่ต้องการการปกป้องชิ้นงานจากการปนเปื้อน และไม่ใช้กับสารเคมี ความเร็วอากาศผ่านเข้าตู้ อย่างน้อย 75 ฟุตต่อนาที



รูปที่ 8.1 ตู้ชีวนิรภัย Class I

ที่มา <http://ehs.uky.edu/>

**2. ตู้ชีวนิรภัย Class II** เป็นตู้ชีวนิรภัยชนิดที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์มากที่สุดเนื่องจากสามารถปกป้องผู้ใช้งานชิ้นงาน และสิ่งแวดล้อมโดยอากาศที่ไหลเข้าด้านหน้าตู้ (inward airflow) จะถูกดูดลงตรงตะแกรงด้านหน้า ซึ่งเป็นการสร้างม่านอากาศเพื่อป้องกันไม่ให้จุลชีพภายในตู้แพร่กระจายออกไปสู่ผู้ใช้งาน ส่วนการปกป้องชิ้นงานนั้น อากาศที่ไหลลงสู่พื้นที่ปฏิบัติงาน (downward airflow) เป็นอากาศสะอาดที่ถูกกรองด้วยแผ่นกรอง HEPA และไหลแยกเป็นสองกระแสลงทางตะแกรงด้านหน้าและด้านหลังเพื่อป้องกันชิ้นงานจากการปนเปื้อนและป้องกัน cross contamination ระหว่างชิ้นงานในด้านการปกป้องสิ่งแวดล้อม อากาศที่ปนเปื้อนจากพื้นที่ปฏิบัติงานจะถูกกรองด้วยแผ่นกรอง HEPA ก่อนถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ตู้ชนิดนี้สามารถใช้ปฏิบัติงานกับจุลชีพในห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 1-3 และ ใช้ในห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 4 อย่างมีเงื่อนไข



รูปที่ 8.2 ตู้ชีวนิรภัย Class II

ที่มา <http://ars.usda.gov/sp2userfiles/>

ชีวนิรภัย Class II แบ่งออกได้ 4 ชนิด คือ Class II Type A1, Class II Type A2, Class II Type B1 และ Class II Type B2

**2.1 ตู้ชีวนิรภัย Class II Type A1** มีความเร็วลมผ่านเข้าหน้าตู้อย่างน้อย 75 ฟุตต่อนาที ระบายอากาศออก 30% หมุนเวียนอากาศภายในตู้ 70% BSC Class II Type A1 ที่ผลิตหลังปี พ.ศ. 2551 จะมีการเพิ่มช่องความดันอากาศล้นรอบทางเดินอากาศรวมที่ปนเปื้อน เพื่อป้องกันการรั่วไหลของจุลชีพหากมีรอยรั่วที่ตู้ชีวนิรภัย ไม่ควรใช้ตู้ชนิดนี้กับงานด้านจุลชีพที่มีการใช้สารเคมีอันตราย สารเคมีอะโรหะเหย หรือสารกัมมันตรังสีร่วมด้วย

**2.2 ตู้ชีวนิรภัย Class II Type A2** มีความเร็วลมผ่านเข้าหน้าตู้เพิ่มขึ้นจาก Type A1 เป็นอย่างน้อย 100 ฟุตต่อนาที ระบายอากาศออก 30% หมุนเวียนอากาศภายในตู้ 70% BSC Class II Type A2 ต้องมีช่องความดันอากาศล้นรอบทางเดินอากาศรวมที่ปนเปื้อนเพื่อป้องกันการกระจายของจุลชีพหากตู้รั่ว ตู้ชนิดนี้สามารถต่อกับระบบระบายอากาศผ่านชุดฝากรอบดูดควัน (canopy) ได้จึงสามารถใช้กับงานด้านจุลชีพที่มีการใช้สารเคมีไธเรเฮย สารเคมีอันตรายสารเคมีไวไฟหรือสารกัมมันตรังสีร่วมด้วย แต่ต้องในปริมาณน้อยเท่านั้น และถ้าต้องใช้งานดังกล่าวตู้จะต้องต่อกับระบบระบายอากาศของอาคารเพื่อระบายไธเรเฮย สารเคมีออกไปนอกตัวอาคาร การเชื่อมต่อต้องใช้ชุดฝากรอบดูดควันเท่านั้น ห้ามเชื่อมต่อแบบปิดเด็ดขาด โดยชุดฝากรอบดูดควันจะมีช่องเปิดเพื่อดูดเอาอากาศภายในห้องเข้าไปในท่อระบายอากาศซึ่งทำหน้าที่เป็นเหมือนกลไกในการป้องกันไม่ให้ไธเรเฮยสารเคมีหลุดออกไปในห้องปฏิบัติการและมีกลไกป้องกันในกรณีที่ระบบระบายอากาศของอาคารไม่ทำงานเพื่อให้ตู้ชีวนิรภัยยังสามารถป้องกันการรั่วไหลของจุลชีพได้

ตู้ชีวนิรภัย Class II Type B มีความเร็วลมผ่านเข้าหน้าตู้อย่างน้อย 100 ฟุตต่อนาที พัดลมภายในตู้ชีวนิรภัยทำหน้าที่ในการดูดอากาศเข้ามาในตู้หรือหมุนเวียนอากาศในตู้ แต่ไม่มีหน้าที่ในการระบายอากาศออกจากตู้การระบายอากาศออกจากตัวตู้ต้องอาศัยพัดลมอีกตัวได้แก่พัดลมระบายอากาศของอาคาร ทำให้ตู้ชีวนิรภัยชนิดนี้จำเป็นต้องต่อกับระบบระบายอากาศของอาคารและเป็นการเชื่อมต่อแบบปิดเท่านั้น ซึ่งต้องมีระบบ interlock ซึ่งเป็นกลไกป้องกันในกรณีที่พัดลมระบายอากาศของอาคารระบายอากาศลดลงเกิน 20% ระบบ interlock จะตัดการทำงานของพัดลมภายในตู้ชีวนิรภัยเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเป่าลมจากพื้นที่ปฏิบัติงานออกทางช่องเปิดด้านหน้าตู้ก่อให้เกิดจุลชีพรั่วไหลตู้ชนิดนี้แบ่งย่อยออกเป็น 2 ชนิด คือ Class II Type B1 และ Class II Type B2

**2.3 ตู้ชีวนิรภัย Class II Type B1** เป็นตู้ชีวนิรภัยที่มีการนำอากาศมาไหลเวียนภายในตู้ 30% และระบายอากาศออก 70% อากาศที่นำกลับมาไหลเวียนภายในตู้และอากาศที่ระบายออกจากตู้จะถูกรองด้วยแผ่นกรอง HEPA ก่อน สามารถใช้กับงานด้านจุลชีพที่ต้องการใช้สารเคมีที่มีไธเรเฮย สารเคมีอันตราย สารเคมีไวไฟ หรือสารกัมมันตรังสีร่วมด้วยได้แต่ควรใช้เพียงปริมาณน้อยถ้าหากมีการใช้งานด้านสารเคมีหรือสารกัมมันตรังสีในปริมาณมากควรใช้ตู้ชีวนิรภัยชนิด Class II Type B2

**2.4 ตู้ชีวนิรภัย Class II Type B2** เป็นตู้ชีวนิรภัยที่ไม่มีการหมุนเวียนอากาศกลับมาใช้ภายในตู้อากาศที่ไหลเข้าตู้จะถูกระบายออก 100% และอาศัยพัดลมระบายอากาศของอาคารในการระบายอากาศออกจากตู้ จึงต้องต่อกับระบบระบายอากาศและเป็นการเชื่อมต่อแบบปิดเท่านั้น ตู้ชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้กับงานด้านจุลชีพที่มีการใช้สารเคมีหรือสารกัมมันตรังสีร่วมด้วยในปริมาณมากหรือมีการใช้สารเคมีกับงานจุลชีพบ่อย

**3. ตู้ชีวนิรภัย Class III** เป็นตู้ชีวนิรภัยที่เป็นระบบปิด มีวัสดุแข็งแรงกันกลางระหว่างผู้ใช้งานกับชิ้นงาน เช่น กระจก สามารถติดตั้งในห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยได้ทุกระดับ

**การปฏิบัติงานกับตู้ชีวนิรภัย** เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเพราะหากปฏิบัติงานอย่างไม่ถูกต้องนอกจากจะทำให้ชิ้นงานปนเปื้อน อาจทำให้เชื้อจุลชีพรั่วไหลออกมาภายนอก ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานผู้ร่วมงาน และสิ่งแวดล้อม เราสามารถแบ่งระยะในการปฏิบัติงานกับตู้ชีวนิรภัยได้เป็น 3 ระยะ คือ ก่อนการใช้งาน ขณะใช้งาน และหลังการใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### **ก่อนการใช้งาน**

1. พิจารณาเนื้องานของตนเองว่าต้องใช้งานตู้ประเภทใด
2. ตรวจสอบว่าตู้ได้รับการตรวจรับรอง และอยู่ในช่วงของการรับรอง
3. ประเมินความเสี่ยงของงาน
4. ทราบวิธีการจัดการกรณีเกิดอุบัติเหตุ (spill decontamination)
5. สวมใส่ PPE ที่เหมาะสมขณะปฏิบัติงาน
6. ตรวจสอบ drain valve ให้อยู่ในตำแหน่งปิด
7. การเปิดตู้ใช้งาน
  - 7.1 เปิดกระจกสูงตามที่กำหนด
  - 7.2 เปิดพัดลม ไว้ก่อนอย่างน้อย 5 นาที
  - 7.3 ตรวจสอบสัญญาณเตือนต่างๆ
  - 7.4 ตรวจสอบทิศทางการไหลของอากาศ
  - 7.5 ตรวจสอบ magnehelic gauge
  - 7.6 ทำความสะอาดฆ่าเชื้อผิวภายในตู้ทุกด้าน ด้านหน้า ด้านหลัง ด้านข้างทั้งสองด้าน และพื้นที่ปฏิบัติงาน
  - 7.7 จัดเตรียมงานและอุปกรณ์ที่จำเป็น
  - 7.8 ควรมีตารางจองการใช้งานเครื่องและป้ายเตือนว่ากำลังใช้เครื่องแขวนไว้หน้าห้อง

#### **ขณะใช้งาน**

1. ทำความสะอาดลดการปนเปื้อนเชื้อวัสดุอุปกรณ์ทุกชนิดก่อนนำเข้าตู้
2. แบ่งพื้นที่ทำงานออกเป็นสามส่วน คือ ส่วนของสะอาด ส่วนทำงาน และ ส่วนของปนเปื้อน/ขยะ
3. อุปกรณ์ขนาดใหญ่ให้วางค่อนไปทางด้านหลังตู้
4. เคลื่อนมือเข้าออกตู้โดยตรงๆ ให้ชิดตะแกรงด้านหน้าไม่กวาดมือเข้าออก
5. ห้ามวางสิ่งของเช่น สมุดโน้ต หรือ blue pad ทับบริเวณตะแกรงด้านหน้า



6. ไม่ควรใช้ตะเกียงเบน
7. ปฏิบัติงานตามหลักปลอดภัย
8. ทิ้งขยะปนเปื้อนรวมทั้งถุงมือภายในตู้
9. ไม่ใช้ตู้ชีวนิรภัยเป็นที่เก็บของ
10. หากเกิดสัญญาณหรือความผิดปกติกับตู้ ให้ปิดภาชนะทุกอย่างในตู้และแจ้งผู้เกี่ยวข้องห้ามปิดการทำงานของผู้โดยเด็ดขาด

### **หลังการใช้งาน**

1. ปิดฝาภาชนะทุกชนิด
2. ทิ้งขยะไม่มีคมและถอดถุงมือทิ้งลงขยะติดเชื้อภายในตู้
3. รวบปิดปากถุงแล้วพ่นน้ำยาฆ่าเชื้อภายนอกถุงขยะ ก่อนนำออกมาจากตู้เพื่อทำลาย
4. ฆ่าเชื้ออุปกรณ์ทุกชิ้นก่อนนำออกจากตู้
5. อุปกรณ์ที่ปนเปื้อน และขยะควรได้รับการฆ่าเชื้ออย่างถูกต้องตามวิธีปฏิบัติของหน่วยงาน
6. ทำความสะอาดฆ่าเชื้อพื้นผิวภายในตู้
7. ปิดไฟ ปิดกระจกนิรภัย ปิดพัดลม

สำหรับการฆ่าเชื้อด้วยหลอด UV นั้น ไม่สามารถนำมาใช้แทนการทำความสะอาดพื้นผิวการทำงานได้ หากต้องการใช้งานหลอด UV ต้องมีการทำความสะอาดหลอดและตรวจวัดความเข้มแสงเป็นประจำทุกสัปดาห์ โดยความเข้มแสง UV ต้องไม่น้อยกว่า 40 ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร และเนื่องจากแสง UV อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ได้ หากไม่ระมัดระวังจึงควรปิดพัดลมและปิดกระจกนิรภัยก่อนใช้งานหลอดยูวี รวมทั้งควรเปิดใช้งานเมื่อไม่มีผู้อื่นอยู่ในห้อง

**การตรวจรับรองตู้ชีวนิรภัย** เป็นการดำเนินการทดสอบทางกายภาพ (physical testing) ของตู้ชีวนิรภัยซึ่งทำภายใต้ข้อกำหนดมาตรฐานการผลิตตู้ เช่น NSF / ANSI 49, EN12469 เป็นต้น โดยเปรียบเทียบผลการทดสอบกับใบรับรองประสิทธิภาพของตู้ (original test report) จากบริษัทผู้ผลิตผู้ให้บริการตรวจรับรองต้องมีประสบการณ์และผ่านการอบรมหลักสูตรการตรวจรับรองตู้ตามข้อกำหนดและใช้เครื่องมือที่ได้รับการสอบเทียบตามมาตรฐาน เช่น มาตรฐาน National Institute of Standards and Technology (NIST) เป็นต้น

การตรวจรับรองตู้ควรดำเนินการเมื่อ

1. หลังติดตั้งเสร็จ (ก่อนเริ่มใช้งาน)
2. หลังการซ่อม หรือเปลี่ยน HEPA filter
3. หลังเคลื่อนย้ายไปที่อื่น
4. ตามระยะเวลาที่กำหนด หรืออย่างน้อยทุก 1 ปี

สำหรับพารามิเตอร์ที่ต้องใช้ในการตรวจสอบหรือตรวจรับรองตู้ชีวนิรภัย ต้องประกอบไปด้วยหัวข้อสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. การวัดความเร็วลมผ่านพื้นที่ปฏิบัติงาน (Down flow velocity test)
2. การวัดความเร็วลมเข้าหน้าตู้ (Inflow velocity test)
3. การทดสอบหารอยรั่วของ HEPA Filter (HEPA filter leak test)
4. การทดสอบรูปแบบการไหลของอากาศ (Airflow smoke patterns test)
5. การประเมินการติดตั้ง (Site installation assessment Test)
6. การทดสอบหารอยรั่วของตู้ ทำเฉพาะตู้ชีวนิรภัย Class II Type A1 หลังการเปลี่ยน HEPA หรือการซ่อมแซมขนาดใหญ่ (Cabinet integrity)

สำหรับพารามิเตอร์อื่นอาจดำเนินการเพิ่มเติมได้แต่ไม่มีผลต่อการทำงานของตู้อย่างปลอดภัยซึ่งประกอบด้วย การตรวจไฟรั่ว ความเข้มแสงความสั่นสะเทือนหรือความดัง

อย่างไรก็ตาม คู่มือการใช้งานของตู้ชีวนิรภัยที่ใช้งานเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นสำหรับการดำเนินการทดสอบของช่างหรือผู้ทำการตรวจสอบและใช้ประกอบการตัดสินใจว่าตู้ชีวนิรภัยที่ผ่านการตรวจรับรองนั้นสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัยหรือไม่ นอกเหนือไปจากคุณสมบัติของช่างหรือผู้มาทำการทดสอบและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

## การเชื่อมต่อตู้ชีวนิรภัยเข้ากับระบบระบายอากาศของอาคาร มี 2 วิธี

**1. การต่อผ่านชุดฝารอบดูดควัน (canopy connection)** เป็นอุปกรณ์สำหรับเชื่อมต่อตู้ชีวนิรภัย Class II Type A2 เข้ากับระบบระบายอากาศของอาคาร เพื่อใช้ดูดไอระเหยสารเคมีที่ใช้ภายในตู้ชีวนิรภัยออกไปเจือจางด้วยอากาศนอกอาคาร ชุดฝารอบดูดควันมีลักษณะพิเศษคือ มีช่องเปิดสำหรับให้อากาศจากภายนอกเข้าไปรวมกับอากาศที่ระบายออกจากตู้ชีวนิรภัย สร้างเป็นม่านอากาศกันไม่ให้ไอระเหยสารเคมีเล็ดรอดออกสู่อากาศภายในห้องปฏิบัติการ ชุดฝารอบดูดควันจะมีกลไกที่ช่องเปิด สำหรับป้องกันการไหลย้อนกลับของอากาศ เมื่อระบบระบายอากาศเกิดขัดข้อง เช่นเมื่อพัดลมดูดอากาศไม่ทำงาน อากาศที่ระบายออกจากตู้ จะไม่ถูกดูดออกทางท่อระบายอากาศ และไหลย้อนกลับลงมาทางตัวตู้ กลไกที่ช่องเปิดจะปล่อยอากาศที่ไหลย้อนนี้ออกมาสู่ห้องปฏิบัติการ เป็นการป้องกันไม่ให้อากาศไหลย้อนทิศลงมาในตู้และออกมาทางช่องเปิดด้านหน้าตู้ แม้ว่าไอระเหยสารเคมีอาจกระจายสู่อากาศในห้องปฏิบัติการ แต่อันตรายจากการเกิดจุลชีพฟุ้งกระจายยังถูกกักกันให้อยู่ภายในตู้ชีวนิรภัย

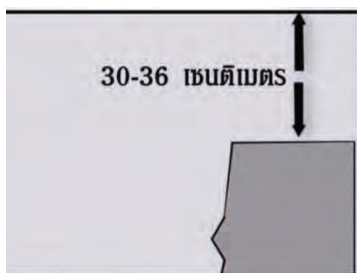
**2. การต่อกับระบบระบายอากาศแบบปิด (hard duct)** เป็นการเชื่อมต่อตู้ชีวนิรภัย Class II Type B เข้ากับระบบระบายอากาศของอาคาร อากาศที่ระบายออกจากตู้ชีวนิรภัยจะถูกดูดออกไปเจือจางนอกอาคาร โดยพัดลมดูดอากาศที่อยู่ในระบบระบายอากาศของอาคาร ดังนั้นหากพัดลมระบายอากาศไม่ทำงาน อากาศที่ระบายออกจากตู้จะไหลย้อนกลับเข้าไปทางตัวตู้ และหากตู้ชีวนิรภัยไม่มีกลไกตัดระบบพัดลมภายในตู้ ก็จะมี

เกิดการเป่าอากาศที่ปนเปื้อนจุลชีพลายในตัวชีวนิรภัยออกมาทางช่องเปิดด้านหน้าตู้ แพร่กระจายสู่ผู้ใช้งาน และสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการเลือกซื้อตู้ชีวนิรภัย Class II Type B ที่ต้องต่อแบบปิดกับระบบระบายอากาศ ผู้ซื้อต้องมั่นใจว่าระบบระบายอากาศของอาคารมีความพร้อมรองรับตัวชีวนิรภัยและในการตรวจรับรองตู้จะต้องมีการตรวจสอบระบบการดักดักมลพิษในตัว และระบบการเตือนภัยเมื่อแรงลมในท่อระบายอากาศลดลงเกินกำหนด

### สถานที่ติดตั้งตู้ชีวนิรภัย

ข้อควรคำนึงถึงเกี่ยวกับสถานที่ติดตั้งตู้ชีวนิรภัยได้แก่

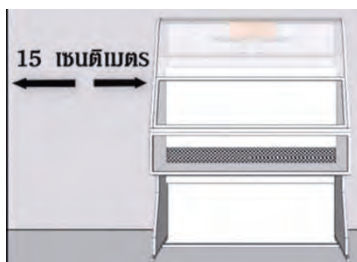
1. ควรวางให้ห่างจากแหล่งกำเนิดมลพิษ เช่น หัวจ่ายเครื่องปรับอากาศ พัดลม เครื่องปรับอากาศ หน้าต่างประตู ด้านบนของตู้ควรห่างจากเพดาน อย่างน้อย 30-36 เซนติเมตร (รูปที่ 8.3ก) เพื่อให้มีช่องว่างในการตรวจรับรองและการซ่อมแซมตู้ ควรวางให้ด้านหลังตู้ห่างจากกำแพงอย่างน้อย 30 เซนติเมตร (รูปที่ 8.3ข) และวางให้ด้านข้างของตู้ห่างจากอุปกรณ์อื่นอย่างน้อย 15 เซนติเมตร (รูปที่ 8.3ค) แต่หากจะวางไว้ข้างตู้ชีวนิรภัย หรืออุปกรณ์ควบคุมมลพิษอื่นควรวางให้ห่างกันอย่างน้อย 30 เซนติเมตร (รูปที่ 8.3ง)



ก



ข



ค



ง

รูปที่ 8.3 ตำแหน่งการวางตู้ชีวนิรภัย

2. อากาศไหลเวียนในห้องปฏิบัติการต้องมีปริมาณมากพอ ไม่ควรติดตั้งตู้ชีวนิรภัยประเภทที่ต้องต่อกับระบบระบายอากาศในห้องที่มีขนาดเล็กและการไหลเวียนของอากาศเข้าสู่ห้องไม่ดีพอ รวมไปถึงห้องที่ต้องควบคุมความดันอากาศ เช่น ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 3 หรือ clean room เป็นต้น เนื่องจากขณะใช้งานตู้ชีวนิรภัย ระบบระบายอากาศจะทำงานและดูดอากาศภายในห้องออกตลอดเวลา จึงต้องมั่นใจว่าภายในห้องปฏิบัติการนั้นมีอากาศเข้าสู่ห้องมากเพียงพอ

3. ตู้ชีวนิรภัยควรต่อตรงเข้ากับเบรกเกอร์และแยกจากเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดอื่น และควรต่อกับอุปกรณ์สำรองไฟเพื่อกันไฟกระชาก ไฟตก หรือ ไฟดับ

### เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง

โดยทั่วไป การทำให้ปราศจากเชื้อด้วยความร้อนสามารถทำได้ 2 วิธีหลัก คือใช้ความร้อนแห้ง (dryheat) และความร้อนชื้น (moist heat) เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูงเป็นเครื่องมือที่ใช้ทำลายจุลชีพด้วยความร้อนชื้นซึ่งในการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธีนี้มีปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึง 4 ประการ คือ เวลา อุณหภูมิ ความดัน ความชื้น หากอุณหภูมิสูงขึ้นความดันสูงขึ้น ระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้ปราศจากเชื้อจะสั้นลง

การใช้ความร้อนชื้นในการกำจัดจุลชีพเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่สุดเนื่องจากคุณสมบัติของน้ำที่สามารถนำความร้อนได้ดีกว่าอากาศ ดังนั้นการทำให้ปราศจากเชื้อโดยอาศัยความร้อนชื้นจึงสามารถทำให้วัตถุนั้นปราศจากเชื้อที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าการใช้ความร้อนแห้งและใช้เวลาสั้นกว่าผลของการใช้ความร้อนชื้นจะทำให้โปรตีนของจุลชีพเกิดการจับเป็นก้อน (coagulation) และเกิดการสลายตัว (denaturation) ทำให้โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบภายในเซลล์ถูกทำลายอย่างถาวร ดังนั้น แบคทีเรียและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กจึงไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้

อุณหภูมิขั้นต่ำในการกำจัดแบคทีเรียและสปอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นั้น สามารถจะฆ่าเชื้ออย่างมีประสิทธิภาพที่เวลาเพียง 15 นาที แต่ถ้าใช้อุณหภูมิ 132 ถึง 135 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 27 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ต้องใช้เวลา 10 ถึง 25 นาที ระยะเวลาที่ใช้ขึ้นกับขนาด ชนิด ปริมาณของสิ่งที่ต้องการฆ่าเชื้อซึ่งต้องมีการประเมินความเสี่ยงร่วมด้วย

สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการใช้งานเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง คือ ปริมาณการใส่ของในเครื่องนึ่ง ปริมาณน้ำต้องเพียงพอ และเครื่องต้องไม่มีการรั่วซึม ดังนั้น ในการใช้งานจึงควรปฏิบัติดังนี้

1. ควรต่อผ่าน breaker โดยตรง
2. ตรวจสอบปริมาณน้ำภายในเครื่องให้ได้ตามกำหนด
3. นำสิ่งของที่ต้องการทำลายเชื้อใส่ลงไป รัดปากถุง biohazard bag หรือกรณีใช้ภาชนะฝาปิดต้องคลายเกลียวหรือเปิดฝา
4. ติด autoclave tape ที่ภาชนะบรรจุ หลังการนึ่งต้องสังเกตการณ์เปลี่ยนสีของเทปก่อนการนำไปดำเนินการต่อ
5. ปิดฝาและตรวจสอบลินความดัน
6. ดำเนินการตามคู่มือ/ SOP
7. ควรจัดทำและบันทึกการใช้งาน
8. เครื่องควรได้รับการตรวจสอบเทียบ (certification) อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง



ข้อพึงระวังคือการทำงานของเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูงต้องการความบริสุทธิ์ของไอน้ำ ดังนั้นการใช้น้ำที่ไม่บริสุทธิ์เติมในเครื่องอาจทำให้สารที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำสะสมในห้องนึ่งและพื้นผิวภายในห้องนึ่งอาจเสียหาย ดังนั้นจำเป็นต้องใช้น้ำจากแหล่งที่เชื่อถือได้เช่น น้ำ RO (Reverse Osmosis) หรือน้ำกรอง เป็นต้น

นอกจากนี้การบรรจุวัตถุดิบที่ต้องการทำลายจุลชีพต้องใส่ในวัสดุที่สามารถให้ไอน้ำแทรกผ่านได้ และป้องกันไม่ให้จุลชีพเข้าไปปนเปื้อนเครื่องมือในภายหลังได้ซึ่งอาจจะเป็นกระดาษ ผ้า หรือพลาสติกที่ออกแบบมาสำหรับใช้ในวัตถุประสงค์โดยเฉพาะ การห่อวัตถุในถุงพลาสติกที่ปิดแน่นจนไอน้ำไม่สามารถเข้าไปสัมผัสกับวัตถุได้จะทำให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อลดลง เนื่องจากภายในถุงจะมีอากาศแห้งอยู่จึงเปรียบเหมือนเรากำลังทำการฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนแห้งซึ่งต้องการอุณหภูมิที่สูงกว่าและเวลาที่นานขึ้น

เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูงจัดเป็นเครื่องมือที่เกี่ยวกับความปลอดภัยด้านชีวภาพเช่นเดียวกับตู้ชีวนิรภัย โดยสามารถช่วยกักกันไม่ให้จุลชีพก่อโรคแพร่กระจายออกสู่ภายนอกได้ ดังนั้นเครื่องต้องได้รับการดูแลและการตรวจสอบเพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องยังสามารถใช้งานได้

**กระบวนการในการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำให้ปราศจากเชื้อโดยเครื่องนึ่งไอน้ำ มี 3 วิธี ดังนี้**

1. การตรวจสอบทางกลไก (Mechanical or Physical monitoring)
2. การตรวจสอบทางเคมี (Chemical monitoring)
3. การตรวจสอบทางชีวภาพ (Biological monitoring)

การตรวจสอบทั้ง 3 วิธีมีวัตถุประสงค์ในการดำเนินการที่แตกต่างกัน กล่าวคือ mechanical monitoring แสดงให้เห็นถึงการทำงานของเครื่องว่าสมบูรณ์หรือไม่ chemical monitoring แสดงให้เห็นว่าห่ออุปกรณ์ได้ผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อแล้ว และ biological monitoring ชี้ให้เห็นว่าเชื้อจุลชีพและสปอร์ของเชื้อแบคทีเรียถูกทำลาย แสดงให้เห็นว่าห่ออุปกรณ์ปราศจากเชื้อแล้ว

**1. การตรวจสอบทางกลไก (Mechanical or Physical monitoring)** เป็นการตรวจสอบการทำงานของเครื่องโดยดูจากตัวบ่งชี้ทางกลไกของเครื่อง (mechanical indicators) ซึ่งได้แก่มาตรวัดอุณหภูมิมาตรวัดความดัน สัญญาณไฟต่างๆ แผ่นกราฟที่บันทึกการทำงานของเครื่องในแต่ละขั้นตอนสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่แรกๆ ที่บอกให้ทราบว่าเครื่องทำงานปกติหรือไม่แต่ถึงแม้ว่าการตรวจสอบจะพบว่าเครื่องทำงานเป็นปกติก็ไม่สามารถยืนยันได้อย่างมั่นใจว่าห่ออุปกรณ์ที่อยู่ภายในห้องนึ่งที่ผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อแล้วนั้นมีสภาพปราศจากเชื้อจริง จำเป็นต้องดูผลจากตัวบ่งชี้ทางเคมี และทางชีวภาพประกอบการพิจารณาด้วย

**2. การตรวจสอบเคมี (Chemical monitoring)** เป็นการตรวจสอบว่าไอน้ำได้สัมผัสและแทรกซึมเข้าไปในห้องนึ่งหรือไม่ ซึ่งสามารถตรวจสอบโดยดูจากการเปลี่ยนสีของตัวบ่งชี้ทางเคมี (chemical indicators) ซึ่งติดอยู่ภายนอกและใส่ไว้ภายในห้องนึ่ง

ตัวบ่งชี้ทางเคมีแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ดังนี้

**2.1 ตัวบ่งชี้ทางเคมีภายนอก (External chemical indicator)** มีลักษณะเป็นแถบกระดาษขาวที่มีสีหรือสารเคมีเคลือบไว้เป็นแนวเส้นบนกระดาษ เรียกว่า เทปทดสอบเคมี (indicator tape หรือ autoclave tape)

มักให้กับการติดห่ออุปกรณ์ เพื่อมิให้หลุดลุ่ย และบ่งชี้ให้ทราบว่า ห่ออุปกรณ์ได้ผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อแล้วเท่านั้นเนื่องจากเทปทดสอบทางเคมีที่ติดภายนอกห่ออุปกรณ์ไม่สามารถบอกได้ว่าไอน้ำสามารถผ่านเข้าไปในห่ออุปกรณ์ได้อย่างทั่วถึง ดังนั้นตัวบ่งชี้ทางเคมีภายนอก จึงไม่สามารถใช้เป็นสิ่งยืนยันได้ว่าอุปกรณ์ที่อยู่ภายในห่อจะปราศจากเชื้อ



รูปที่ 8.4 ตัวอย่าง autoclave tape

ที่มา: <http://www.servi-dent.com/product/autoclave-indicator-tape/>  
<http://ic.getinge.com/>

**2.2 ตัวบ่งชี้ทางเคมีภายใน (Internal chemical indicator)** ตัวบ่งชี้ทางเคมีภายในที่นิยมใช้มีลักษณะเป็นจีส (strip) หรือเป็นแผ่นกระดาษแข็ง (card) จะใส่ไว้ในห่ออุปกรณ์เพื่อให้ทราบว่าไอน้ำสามารถเข้าไปภายในห่อและสัมผัสกับอุปกรณ์ภายในห่อหรือไม่ควรใส่ตัวบ่งชี้ทางเคมีภายในตรงกลางห่ออุปกรณ์หรือในส่วนของห่ออุปกรณ์ที่คาดว่าไอน้ำผ่านเข้าได้ยากที่สุด



รูปที่ 8.5 ตัวอย่างตัวบ่งชี้ทางเคมีภายใน

ที่มา: <http://www.manochasurgical.com/chemical-indicators.html>  
<http://orientalsupplies.com.au/>

**2.3 ตัวบ่งชี้ทางเคมีแบบเฉพาะ (Specific chemical indicator)** ได้แก่ Bowie-Dick test ซึ่งเป็นผลงานของ J.H. Bowie และ J. Dick จาก Department of Microbiology, Royal Infirmary, Edinburgh ประเทศสกอตแลนด์ โดยเป็นตัวบ่งชี้ทางเคมีชนิดหนึ่งที่บ่งชี้ว่าการไล่อากาศออกจาก

ห้องหนึ่งของเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง ชนิดเครื่องดูดสุญญากาศ (pre-vacuum steam sterilizer) ที่อุณหภูมิ 132-134 องศาเซลเซียส เป็นไปอย่างสมบูรณ์หรือไม่ ก่อนที่จะนำห่ออุปกรณ์ไปทำให้ปราศจากเชื้อ โดยใช้เครื่องชนิดนี้ต้องทดสอบการไล่อากาศออกจากเครื่องโดยใช้ Bowie-Dick test ก่อนทุกครั้ง



รูปที่ 8.6 ตัวอย่าง Bowie-Dick test

ที่มา: <https://www.blowoutmedical.com/1233lf.html>  
<https://consteril.com/bowie-dick-test/>

**3. การตรวจสอบทางชีวภาพ (Biological Monitoring)** เป็นวิธีการตรวจสอบการทำให้ปราศจากเชื้อที่เชื่อถือได้มากที่สุดและเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง วิธีการตรวจสอบใช้ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (biological indicator) เรียกโดยทั่วไปว่า spore test เป็นการใส่สปอร์ของเชื้อ *Bacillus steamothermophilus* หรือ *Geobacillus stearothermophilus* ซึ่งเป็นจุลชีพทนความร้อน และยังมีชีวิต เป็นตัวชี้วัดหากสปอร์ของเชื้อนี้ถูกทำลายย่อมชี้ให้เห็นว่าจุลชีพอื่น จะถูกทำลายระหว่างอยู่ในกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อด้วย



รูปที่ 8.7 ตัวอย่าง Biological indicator

การตรวจสอบทำโดยการใส่ spore test ลงในห้องนึ่งแล้วปล่อยให้เครื่องทำงานตามปกติ หลังจากนั้นก็ให้นำออกมาบ่มในตู้บ่มเชื้อเพื่อดูการเปลี่ยนสีในเวลาที่กำหนดหากไม่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงว่าเครื่องยังสามารถทำลายจุลชีพได้ตามปกติโดยทั่วไปนิยมวางหลอดทดสอบตามตำแหน่งที่มักใช้ใส่วัสดุที่ปนเปื้อนจุลชีพก่อโรคหรือสิ่งส่งตรวจจากผู้ป่วยเพื่อทำลายแต่หากเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูงมีขนาดใหญ่ หรือมีไหลของวัสดุที่ต้องการทำลายด้วยตู้ดังกล่าวสูงอาจต้องเพิ่มจำนวนหลอดมากขึ้นเช่น วางที่ด้านล่าง ตรงกลาง และด้านบน เป็นต้นการทดสอบควรทำสม่ำเสมอหรืออย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง

สิ่งที่ต้องระวังคือ ควรใส่ spore test และดำเนินการร่วมไปกับการนึ่งทำลายจุลชีพตามปกติ หลังจากเสร็จสิ้นการทำงานต้องเก็บวัสดุที่ทำลายชุดนี้ไว้ในที่ที่เหมาะสมเพื่อรอให้หลอดทดสอบแสดงผลว่าผ่านหรือไม่ก่อนดำเนินการจัดการกับวัสดุนั้นต่อไป

## บทที่ 9

### อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment; PPE)

ในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องด้านสาธารณสุขเท่านั้น อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพโดยเฉพาะผู้ปฏิบัติงานในห้องชั้นสูงโรค เพราะเป็นอุปกรณ์ที่สามารถช่วยในการป้องกันและลดความเสี่ยงของผู้ปฏิบัติงานจากการสัมผัสจุลชีพรวมทั้งอันตรายทางกายภาพต่างๆ การเลือกอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ปฏิบัติ ต้องมีการประเมินความเสี่ยงของงานภายในห้องปฏิบัติการนั้นๆ (โปรดดูรายละเอียดเรื่องการบริหารจัดการความเสี่ยงในบทที่ 10 การบริหารจัดการความเสี่ยงทางชีวภาพ) เพื่อเป็นแนวทางการเลือกใช้อุปกรณ์ ดังนี้

1. ต้องทราบชนิด ข้อมูลต่างๆ ของสิ่งที่เป็ที่เป็นที่เป็อันตราย
2. ต้องทราบถึงความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการจากอันตรายนั้น
3. ต้องทราบโอกาสและความรุนแรงของความเสี่ยงกับอันตรายนั้นที่อาจเกิดขึ้น

จากแนวทางดังที่กล่าวมา สามารถนำมาเป็นข้อมูลช่วยพิจารณากำหนดชนิดของอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสมกับงานในห้องปฏิบัติการนั้นได้ซึ่งชนิดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลสำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์ ได้แก่

#### 1. เสื้อคลุมห้องปฏิบัติการ เสื้อกาวน์ ชุดคลุมทั้งตัว ผ่ากันเปื้อน (Laboratory coat, Gown, Coverall, Apron)

เป็นอุปกรณ์ที่ใส่เพื่อป้องกันร่างกายของผู้ปฏิบัติงานไม่ให้สัมผัสกับจุลชีพโดยตรงโดยเสื้อคลุมที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ มีอยู่ 3 ชนิดหลัก คือ

- 1.1 เสื้อคลุมห้องปฏิบัติการ (Laboratory coat) คือ เสื้อคลุมที่มีลักษณะเปิดด้านหน้า ปิดโดยการติดกระดุม เทปสำเร็จรูป หรือผูกเชือก อาจมีแขนยาวหรือแขนสั้นก็ได้ แต่สำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์ควรต้องใส่ชนิดแขนยาวคลุมถึงบริเวณข้อมือ
- 1.2 เสื้อกาวน์ (Gown) คือเสื้อคลุมที่มีลักษณะเปิดด้านหลัง ปิดโดยการติดกระดุม เทปสำเร็จรูป หรือผูกเชือก มีแขนเสื้อยาวปลายแขนอาจเย็บยางยืดไว้ช่วยขยandexเสื้อแนบกระชับกับข้อมือ
- 1.3 ชุดคลุมทั้งตัว หรือ ชุดหมี (Coverall) คือ เสื้อคลุมที่มีลักษณะคลุมทั้งตัว เป็นเสื้อแขนยาวและกางเกงขาวติดกันเป็นชิ้นเดียว บางชนิดอาจเย็บติดกับส่วนถุงหุ้มรองเท้า และ/หรือหมวกคลุมผมด้วย



โดยทั่วไปห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 2 (BSL 2) ควรใช้เสื้อคลุมแบบเสื้อกาวน์และควรเป็นชนิดแขนยาว ส่วนห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 3 (BSL 3) ควรใช้เสื้อคลุมเป็นแบบเสื้อกาวน์ หรือแบบชุดหมิโนกรณีการปฏิบัติงานที่มีความเสี่ยงสูง เพื่อช่วยป้องกันลดโอกาสการปนเปื้อนจุลชีพจากการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการได้ดีกว่าเสื้อกาวน์ โดยสามารถเลือกใช้เป็นเสื้อคลุมชนิดที่ใช้แล้วทิ้ง หรือชนิดที่ใช้แล้วสามารถทำการลดการปนเปื้อนแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ขึ้นกับความสะดวกและความเหมาะสม นอกจากนี้เสื้อคลุมยังมีความหลากหลายในเรื่องของวัสดุที่ใช้ผลิต ซึ่งมักจะเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ และของเหลว สามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสม



Lab coat



Gown



Coverall

รูปที่ 9.1 เสื้อผ้าป้องกันสำหรับการปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ

การใช้ผ้ากันเปื้อน (Apron) อาจใส่เพิ่มเติมปิดคลุมเสื้อกาวน์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการหกกระเด็นของสิ่งปนเปื้อนเชื้อจุลชีพที่เป็นของเหลว เช่น เลือด น้ำเลี้ยงเซลล์ เป็นต้น



รูปที่ 9.2 ตัวอย่างผ้ากันเปื้อนสำหรับการปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ

นอกจากนี้บริเวณที่ใช้สำหรับการซักทำความสะอาดเสื้อคลุม ควรอยู่ภายในห้องปฏิบัติการ หรือใกล้ห้องปฏิบัติการ และหากต้องจำเป็นต้องขนย้ายเสื้อคลุมจากห้องปฏิบัติการไปยังห้องที่ทำการลดการปนเปื้อน หรือทำการซักล้างต้องมีระเบียบวิธีปฏิบัติในการขนย้ายที่เหมาะสม เพื่อป้องกันและลดโอกาสการสัมผัสเชื้อของบุคลากรและการแพร่กระจายเชื้อจากห้องปฏิบัติการสู่สิ่งแวดล้อม

ข้อควรระวังสำหรับการใช้งาน คือ ต้องไม่ใส่เสื้อคลุมห้องปฏิบัติการ เสื้อกาวน์ ผ้ากันเปื้อนออกนอกห้องปฏิบัติการ

## 2. แว่นตานิรภัย ครอบตานิรภัย กระบังป้องกันใบหน้า (Safety glasses, Safety goggles, Face shield)

เป็นอุปกรณ์ที่ใส่เพื่อป้องกันดวงตา และ/หรือใบหน้าของผู้ปฏิบัติงานไม่ให้สัมผัสกับจุลชีพโดยตรงจากการหกกระเด็นของสารละลายปนเปื้อนจุลชีพ และสารชีวภาพอันตรายที่อาจมากระทบขึ้นกับลักษณะของกิจกรรมที่ทำ

- 2.1 แว่นตานิรภัย (Safety glasses) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยปกป้องดวงตาของผู้ปฏิบัติงานจากจุลชีพโดยแว่นทำจากวัสดุที่ป้องกันการแตกละเอียด ไม่สามารถป้องกันการกระเด็นด้านข้างรอบดวงตาได้อย่างสมบูรณ์ ผู้ที่ใส่แว่นสายตาสามารถใช้แว่นตานิรภัยที่มีกรอบแว่นชนิดพิเศษสามารถนำเลนส์เฉพาะมาวางที่กรอบบริเวณด้านหน้าของแว่นได้



รูปที่ 9.3 ตัวอย่างแว่นตานิรภัยสำหรับการปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ

- 2.2 ครอบตานิรภัย (Safety goggles) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยปกป้องดวงตาของผู้ปฏิบัติงานจากจุลชีพใช้ใส่ป้องกันการกระเด็นและการกระแทก ครอบตานิรภัยที่ดีต้องสามารถป้องกันการกระเด็นโดนดวงตาได้ทุกทิศทางและต้องแนบกับใบหน้าได้สนิท ซึ่งผู้ปฏิบัติงานที่ใส่แว่นสายตาหรือคอนแทคเลนส์ สามารถใส่แว่นชนิดนี้ครอบไว้อีกชั้นหนึ่ง นอกจากนี้ยังสามารถใส่ร่วมกับกระบังป้องกันใบหน้ากรณีหากต้องทำงานกับจุลชีพก่อโรคที่รุนแรง



รูปที่ 9.4 ตัวอย่างครอบตานิรภัยสำหรับการปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาด้านชีวภาพ

- 2.3 กระบังป้องกันใบหน้า (Face shield) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยป้องกันทั้งใบหน้า บางรุ่นสามารถปกป้องได้ถึงบริเวณลำคอ และติดกับศีรษะด้วยสายรัดหรือหมวก กระบังป้องกันใบหน้าที่ดีควรทำจากวัสดุที่ป้องกันการแตกละเอียด มีลักษณะใส แข็งแรง มีน้ำหนักเบาสวมใส่สบายสามารถบังได้ทั้งใบหน้า โดยทั่วไปหากในการปฏิบัติงานกับจุลชีพนั้นมีโอกาสในการเกิดการกระเด็นของเชื้อหรือของเหลวสูงอาจพิจารณาใส่ครอบตานิรภัยร่วมกับกระบังป้องกันใบหน้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันและลดโอกาสการสัมผัสจุลชีพเพิ่มขึ้น



รูปที่ 9.5 กระบังป้องกันใบหน้าสำหรับการปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์

ข้อควรระวังสำหรับการใช้งาน คือ ต้องไม่ใส่แว่นตานิรภัยครอบตานิรภัย และกระบังป้องกันใบหน้าออกนอกห้องปฏิบัติการ

### 3. อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ (Respirator)

อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจอาจใช้เมื่อต้องปฏิบัติงานที่มีอันตรายหรือความเสี่ยงสูง เช่น การทำความสะอาดจุลชีพก่อโรคที่หกรั่วไหล การเลือกใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ขึ้นกับชนิดของอันตรายที่อาจได้รับ ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคล ควรเข้าได้พอดีกับใบหน้าของผู้สวมใส่ควรปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ และต้องได้รับการทดสอบความเหมาะสมก่อนนำมาใช้ จึงจะสามารถป้องกันได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยทั่วไปอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจมีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภทหลัก คือ

**3.1 หน้ากากกรองอากาศ (Air-purifying respirator)** ทำหน้าที่กรองอนุภาคที่แขวนลอยในอากาศ (airborne particles หรือ aerosol) เช่น ฝุ่นควันละอองและเชื้อโรคออกจากอากาศที่ผู้สวมใส่หายใจเข้าไป แต่ไม่สามารถกรองก๊าซและไอของสารเคมีอันตรายต่อร่างกายหรือป้องกันกลิ่นได้ ได้แก่

**3.1.1 หน้ากากอนามัย (Surgical mask)** เป็นหน้ากากชนิดกรองอนุภาคได้ขนาดเล็กสุด 5 ไมครอนเท่านั้น จึงไม่ได้ถูกออกแบบมาใช้สำหรับป้องกันทางเดินหายใจของผู้สวมใส่จากการสูดหายใจเอาอนุภาคของจุลชีพก่อโรคเข้าสู่ปอด เดิมแพทย์และพยาบาลใช้สวมขณะผ่าตัดเพื่อป้องกันไม่ให้ละอองหรือของเหลวซึ่งเป็นสารคัดหลั่งของผู้ป่วยเข้าปาก และช่วยป้องกันเสมหะหรือน้ำลายของแพทย์และพยาบาลไม่ให้กระเด็นเข้าแผลผู้ป่วยปัจจุบันให้ผู้ป่วยด้วยโรคติดเชื้อทางระบบหายใจสวมเพื่อป้องกันไม่ให้เสมหะน้ำมูก น้ำลาย แพร่กระจายไปสู่ผู้อื่นโดยเฉพาะในขณะไอหรือจาม หน้ากากอนามัยนิยมทำด้วยวัสดุสังเคราะห์เทียมผ้า (nonwoven polypropylene and microporous materials) สำหรับใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง (disposable) ไม่ต้องทำความสะอาดผู้ผลิตบางรายอาจติดแถบโลหะอ่อนไว้ที่ขอบบนสำหรับบีบให้แนบกับสันจมูกเพื่อให้สวมได้แนบสนิทยิ่งขึ้นมีสายใช้ผูกรัดเหนือใบหูและใต้ใบหูหรืออาจทำเป็นห่วงสำหรับคล้องใบหู (ear loop) แต่ละข้างเพื่อตรึงหน้ากากให้แนบติดกับใบหน้าผู้สวม



รูปที่ 9.6 หน้ากากอนามัย

**ข้อดี** คือ มีน้ำหนักเบาสวมถอดง่ายราคาถูกหาซื้อได้ทั่วไป

**ข้อเสีย** คือ ไม่สามารถกรองจุลชีพได้ทุกชนิดสวมได้ไม่แนบสนิทอากาศสามารถเล็ดลอดเข้าทางช่องว่างบริเวณขอบหน้ากากโดยรอบได้

**3.1.2 หน้ากากกรองอากาศชนิดที่ใช้แล้วทิ้ง (Particulate respirator)** สามารถกรองอนุภาคที่แขวนลอยในอากาศ เช่น ฝุ่นควันละอองและเชื้อโรคเมื่อสวมแล้วจะแนบกับใบหน้ารอบบริเวณจมูกและปากดังนั้นจึงสามารถใช้สวมเพื่อป้องกันไม่ให้สูดหายใจเอาอนุภาคซึ่งรวมถึงจุลชีพบางชนิดเข้าสู่ปอดทำด้วยวัสดุที่สามารถกรองอนุภาคขนาดเล็กได้ถึง 0.3 ไมครอน มีสายรัด 2 เส้นทำด้วยวัสดุยืดหดได้สำหรับคาดเหนือและใต้หู เพื่อตรึงให้หน้ากากแนบกับใบหน้าผู้สวมและมีแถบโลหะอ่อนที่ขอบบนของตัวหน้ากากสำหรับบีบให้แนบกับสันจมูกเวลาสวมเพื่อให้สวมได้แนบสนิทยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีหน้ากากแบบมีลิ้นทางออก (exhalation valve) ซึ่งจะยอมให้ลมหายใจออกไหลออกสู่บรรยากาศภายนอกเมื่อผู้สวมหายใจออก แต่จะปิดสนิทเมื่อผู้สวมหยุดหายใจหรือสูดหายใจเข้า โดยไม่ยอมให้อากาศภายนอกไหลเข้าทางลิ้นนี้ได้ดังนั้นอากาศที่ผู้สวมหายใจเข้าจึงต้องผ่านการกรองด้วยวัสดุที่ใช้ทำตัวหน้ากากเสมอ แบบมีลิ้นทางออกจึงสามารถช่วยให้ผู้สวมหายใจได้สะดวกกว่าแบบธรรมดาที่ไม่มีลิ้นทางออก ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องปฏิบัติงานติดต่อกันเป็นเวลานานหรือต้องออกแรงมากขณะปฏิบัติงานหน้ากากกรองอนุภาคใช้แล้วทิ้งแบบธรรมดาที่ไม่มีลิ้นทางออกมีแรงต้านการหายใจทำให้หายใจลำบากมากกว่าเนื่องจากทั้งลมหายใจเข้าและออกอากาศจะต้องไหลผ่านวัสดุกรองที่ใช้ทำตัวหน้ากาก ดังนั้นหญิงตั้งครรภ์ ผู้ที่เป็นโรคหอบหืดโรคปอด โรคความดัน โรคหัวใจ และโรคทางเดินลมหายใจจึงไม่ควรใช้

**ข้อดี** คือ ไม่จำเป็นต้องดูแลรักษาหลังการใช้งานใช้แล้วทิ้งเมื่อเสียรูปทรงหรือมีสิ่งบ่งชี้ว่าไม่เหมาะสมที่จะใช้งานต่อไปมีน้ำหนักเบาสวมถอดง่าย

**ข้อเสีย** คือ มักไม่สามารถสวมให้แนบสนิทได้ 100% ตลอดเวลาของการสวมใส่เพราะในการทำกิจกรรมขณะสวมใส่ เช่น พุด ดิน เคลื่อนย้ายใบหน้ามีโอกาสสูงที่จะทำให้หน้ากากเกิดความไม่แนบสนิทกับใบหน้าทำให้อากาศที่อาจปนเปื้อนจุลชีพเล็ดลอดเข้าได้นอกจากนี้ยังเป็นหน้ากากชนิดที่ไม่มีวางจำหน่ายทั่วไปและราคาแพงกว่าหน้ากากอนามัย





รูปที่ 9.7 ตัวอย่างหน้ากากกรองอากาศชนิดใช้แล้วทิ้ง (Particulate respirator)

สำหรับมาตรฐานของหน้ากากกรองอากาศชนิดที่ใช้แล้วทิ้งนั้น National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดคุณภาพการกรองอนุภาคของหน้ากากชนิดที่ใช้แล้วทิ้งไว้ 9 ชั้นคุณภาพ ระบุในตารางที่ 9.1

ตารางที่ 9.1 ตารางแสดงชนิดของหน้ากากกรองอากาศชนิดใช้แล้วทิ้งตามมาตรฐาน NIOSH

ประสิทธิภาพการกรองต่ำสุด (%)	อนุภาคที่ใช้ทดสอบ		
	N Class (No oil) อนุภาคที่ไม่ใช่น้ำมัน (ทดสอบด้วย NaCl)	R Class (Oil resistant) อนุภาคที่ใช้และไม่ใช่น้ำมัน (ทดสอบด้วยละออง DOP)	P Class (Oil proof) อนุภาคที่ใช้และไม่ใช่น้ำมัน และใช้เป็นเวลานาน (ทดสอบด้วยละออง DOP)
95	N95	R95	P95
99	N99	R99	P99
99.97	N100	R100	P100

สัญลักษณ์ตัวอักษรหมายถึงชนิดอนุภาคที่สามารถกรองได้ ตัวเลขหมายถึงประสิทธิภาพในการกรอง เช่น N95 หมายถึง หน้ากากนั้นมีประสิทธิภาพการกรองอนุภาคที่ไม่ใช่น้ำมันที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.3 ไมครอนได้ไม่ต่ำกว่า 95% หน้ากากกรองอนุภาคใช้แล้วทิ้งในชนิด R และ P อาจไม่จำเป็นสำหรับผู้ปฏิบัติงานสอบสวนป้องกันและควบคุมโรคเนื่องจากส่วนใหญ่สภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงานไม่ได้มีละอองน้ำมันสำหรับการปฏิบัติงานกับเชื้ออันตรายที่มีการติดต่อทางระบบทางเดินหายใจแนะนำควรใช้หน้ากากที่มีประสิทธิภาพการกรองอนุภาคได้ที่ N95 เป็นอย่างน้อย ซึ่งในท้องตลาดมีขายหลายรูปแบบควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงานแต่ละคน

**3.1.3 หน้ากากพร้อมเครื่องกรองอากาศแบบครอบครึ่งใบหน้า และเต็มใบหน้า (Half-face or full-face elastomeric respirator)** เป็นหน้ากากที่สามารถกรองอนุภาค และ/หรือดูดซับก๊าซและไออันตรายได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องกรองอากาศที่เลือกใช้ ตัวหน้ากากเป็นอุปกรณ์ที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ภายหลังการฆ่าเชื้อและทำความสะอาดมีอายุการเก็บรักษาและใช้งานค่อนข้างยาวนานจนกว่าจะชำรุด ระบบการทำงานของหน้ากากเป็นแบบ “แรงดันลบ” (negative pressure) หมายความว่าอากาศภายนอกจะไหลเข้าสู่ภายในหน้ากากในจังหวะที่ผู้สวมใส่หายใจเข้าเพราะเป็นภาวะที่ความดันภายในหน้ากากต่ำกว่าความดันบรรยากาศภายนอกและเมื่อผู้สวมหายใจออกอากาศภายในหน้ากากก็จะไหลออกสู่บรรยากาศ



รูปที่ 9.8 หน้ากากป้องกันแบบครอบครึ่งใบหน้าและเต็มใบหน้า

ที่มา: <http://solutions.3mthailand.co.th/>

ชิ้นส่วนหลักของหน้ากากชนิดนี้ ได้แก่

(1) ตัวหน้ากาก (facepiece) มีหลายขนาด มีแบบครอบครึ่งใบหน้า (half facepiece) หรือครอบเต็มใบหน้า (full facepiece) ให้เลือกใช้ซึ่งช่วยป้องกันผิวหนังอวัยวะบริเวณที่ตัวหน้ากากครอบอยู่ หน้ากากทำด้วยวัสดุอ่อนนุ่มเช่นยางเทียมหรือซิลิโคนสวมสบายและแนบสนิทกับใบหน้า ตัวหน้ากากอาจเป็นแบบที่มีเครื่องกรองเดี่ยวอยู่ที่บริเวณแก้มข้างใดข้างหนึ่งหรืออยู่กึ่งกลางด้านหน้าของตัวหน้ากากหรือเป็นแบบเครื่องกรองคู่อยู่ที่บริเวณแก้มข้างละหนึ่งชิ้นมีสายรัดศีรษะที่สามารถปรับให้พอเหมาะกับผู้ใช้สวมได้ ส่วนประกอบตัวหน้ากาก ดังนี้

(1.1) ช่องมอง (visor หรือ eyepiece) เป็นเลนส์พลาสติกแข็งและใสซึ่งมีเฉพาะหน้ากากแบบครอบเต็มใบหน้าเท่านั้นช่วยให้ผู้สวมมองเห็นได้ขณะสวม และช่วยป้องกันสิ่งที่อาจเป็นอันตราย กระเด็นเข้าดวงตาช่องมองอาจเป็นแบบ 2 ช่องคล้ายแว่นตาหรือเป็นเพียงช่องขนาดใหญ่เพียงช่องเดียวซึ่งจะทำให้มีทัศนวิสัยในการมองเห็นที่ต่ำกว่า

(1.2) หน้ากากแบบครอบเต็มใบหน้าจะมีครอบจมูก (nose cup) อยู่ด้านในทำหน้าที่แยกทางเดินลมหายใจเพื่อป้องกันการเกิดฝ้าบนเลนส์ของช่องมอง เนื่องจากไอน้ำจากความชื้นของลมหายใจออก

(1.3) อาจมีอุปกรณ์ถ่ายทอดเสียง (voicemitter) เพื่อให้ผู้สวมสามารถเปล่งเสียงพูดให้ผู้อื่นได้ยินได้ ที่ด้านหน้าของตัวหน้ากากในตำแหน่งที่ตรงกับปากของผู้สวม

(2) ลิ้นหน้ากาก (valve) ทำด้วยยางหรือยางเทียมมีลักษณะเป็นแผ่นแปะติดกับช่องลมหายใจเข้าของหน้ากาก คือ ลิ้นทางเข้า (inlet valve หรือ inhalation valve) และแปะติดกับช่องลมหายใจออกของหน้ากาก คือ ลิ้นทางออก (outlet valve หรือ exhalation valve) ซึ่งทำหน้าที่บังคับการไหลของอากาศให้เดินทางเดียวที่ช่องลมหายใจเข้า เมื่อผู้สวมสูดหายใจเข้าลิ้นทางเข้าจะเปิดให้อากาศภายนอกไหลเข้าภายในตัวหน้ากากผ่านเครื่องกรองอากาศ แต่จะปิดสนิทไม่ยอมให้อากาศภายในตัวหน้ากากไหลออกเมื่อผู้สวมหายใจออกลมหายใจออกจะไหลออกสู่บรรยากาศภายนอกผ่านทางลิ้นทางออกซึ่งจะปิดสนิทในจังหวะการหยุดหายใจหรือในจังหวะการหายใจเข้าเพื่อป้องกันมิให้อากาศภายนอกที่ยังไม่ผ่านการกรองไหลย้อนเข้าภายในตัวหน้ากากได้

(3) เครื่องกรองอากาศแบบแผ่นหรือตลับ (filter) เป็นหัวใจหลักของหน้ากากป้องกันชนิดนี้วัสดุกรองซึ่งอยู่ภายในเครื่องกรองมักเป็นกระดาษกรองซึ่งมีประสิทธิภาพการกรองสูง สามารถกรองได้ทั้งอนุภาคซึ่งรวมถึงจุลชีพก่อโรค และ/หรือดูดซับก๊าซไอระเหยในได้ด้วยขึ้นกับชนิดของวัสดุตัวกรอง เครื่องกรองสามารถถอดออกจากตัวหน้ากากได้เมื่อต้องการจะแยกเก็บหรือเปลี่ยนใหม่เมื่อหมดอายุการใช้งานหรือชำรุด



รูปที่ 9.9 ตัวอย่างเครื่องกรอง หรือตลับกรองอากาศ

(4) ชุดสายรัดศีรษะ (head harness) ทำหน้าที่ตรึงตัวหน้ากากให้อยู่กับที่แนบสนิทกับใบหน้าของผู้สวมหน้ากากแบบครอบครึ่งใบหน้าส่วนมากจะมีสายรัดศีรษะ 2 คู่ ส่วนหน้ากากแบบครอบเต็มใบหน้าจะมีสายรัดศีรษะตั้งแต่ 2 – 3 คู่ สายรัดศีรษะอาจทำด้วยยางหรือวัสดุที่ยืดหดได้แต่ละคู่สามารถปรับความยาวได้ เพื่อให้พอดีกับขนาดของศีรษะของผู้สวมนอกจากนี้สายรัดศีรษะยังอาจเย็บติดกับแผ่นยึดศีรษะ (head harness pad) ซึ่งอยู่ด้านหลังศีรษะของผู้สวมผู้ผลิตบางรายอาจทำแผ่นยึดศีรษะเป็นแผ่นตาข่ายขึ้นใหญ่เพื่อให้สะดวกในการสวม

**ข้อดี** คือ มีประสิทธิภาพในการป้องกันสูงกว่าหน้ากากกรองอากาศชนิดใช้แล้วทิ้ง เครื่องกรองอากาศกรองจุลชีพก่อโรคได้ทุกชนิดสวมได้แนบสนิทกับใบหน้าสามารถใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้แต่ต้องมีวิธีการจัดการลดการปนเปื้อนหลังการใช้งานที่เหมาะสม มีอายุการใช้งานยาวนาน

**ข้อเสีย** คือ อาจรู้สึกอึดอัดและสื่อสารลำบากเวลาสวมใส่ไม่มีวงจำหน่ายทั่วไปและราคาค่อนข้างแพงอุปกรณ์ทุกชิ้นมีอายุการใช้งานต้องการการดูแลทำความสะอาดและฆ่าเชื้อหลังการใช้ด้วยวิธีที่เหมาะสม และต้องเปลี่ยนเครื่องกรองอากาศเมื่อหมดอายุการใช้งานหรือเมื่อจำเป็น มิฉะนั้นจะไม่สามารถให้การป้องกันระบบทางเดินหายใจได้อย่างมีประสิทธิภาพดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีอะไหล่สำรองไว้เปลี่ยนผู้ใช้ต้องได้รับการฝึกให้สวมและถอดได้อย่างถูกวิธี

### 3.1.4 เครื่องกรองอากาศที่จัดส่งอากาศ (Powered Air Purifying Respirator; PAPR)

เป็นอุปกรณ์ชนิดกรองอนุภาค ดูดซับก๊าซและไอสารเคมีอันตรายมี 3 แบบคือแบบหน้ากากครอบเต็มใบหน้า (full facepiece) แบบคลุมศีรษะ (hood) และแบบครอบศีรษะ (helmet) ปัจจุบันงานควบคุมโรค และงานห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาที่มีความเสี่ยงสูงนิยมใช้เครื่องกรองอากาศที่จัดส่งอากาศให้แบบคลุมศีรษะซึ่งเป็นอุปกรณ์ป้องกันระบบหายใจที่จ่ายอากาศหายใจที่กรองอนุภาคก๊าซและไอแล้วให้ผู้สวมอย่างต่อเนื่องจนทำให้ความดันอากาศภายในถุงคลุมศีรษะเป็นบวก ช่วยทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อากาศภายนอกเข้าไปในถุงคลุมศีรษะได้ โดยส่วนของถุงคลุมศีรษะจะทำหน้าที่แทนหน้ากากด้วย



รูปที่ 9.10 เครื่องกรองอากาศที่จัดส่งอากาศให้ 1. แบบหน้ากากครอบเต็มใบหน้า (ซ้าย)

3. แบบคลุมศีรษะ (กลาง) และ 3. แบบครอบศีรษะ (ขวา)

ที่มา: <https://www.activeforever.com/>

<http://www.hazardexonthenet.net/>

<https://www.cdc.gov/>

เครื่องกรองอากาศที่จัดส่งอากาศให้แบบคลุมศีรษะมีองค์ประกอบหลัก 2 ส่วนแยกกันและต้องประกอบเข้าด้วยกันเมื่อต้องการใช้งาน องค์ประกอบทั้งสองส่วนนี้ คือ

(1) ผ้าคลุมศีรษะ หรือ ถุงคลุมศีรษะ (hood) ทำด้วยวัสดุสังเคราะห์อ่อนนุ่มสามารถทำความสะอาดได้เมื่อสวมแล้วจะคลุมตั้งแต่ศีรษะลงมาถึงหน้าอกผู้สวมด้านหน้ามีช่องมองทำด้วยพลาสติกใส ด้านหลังมีช่องอากาศเข้าสำหรับนำท่อกายใจของเครื่องกรองอากาศมาต่อกับถุงคลุมศีรษะ



รูปที่ 9.11 ถุงคลุมศีรษะ สำหรับ PAPR

ที่มา: [http://fitritesafety.com/powerd-air-purifying-respirator-papr-c-170\\_279/](http://fitritesafety.com/powerd-air-purifying-respirator-papr-c-170_279/)

<http://mundoblogs.info/3m-papr>



(2) ชุดเครื่องกรองอากาศแบบมีมอเตอร์เป่าอากาศ (battery-powered filter) ทำหน้าที่จัดส่งอากาศหายใจที่กรองแล้วให้ผู้สวมมีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้



รูปที่ 9.12 ชุดเครื่องกรองอากาศแบบมีมอเตอร์เป่าอากาศ

(2.1) มอเตอร์พร้อมพัดลมดูดอากาศ (motor blower unit) ซึ่งใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้า

(2.2) เครื่องกรองอากาศแบบตลับหรือแบบกระป๋อง (filter) จำนวนเท่าใดขึ้นอยู่กับ การออกแบบของผู้ผลิตสามารถต่อเครื่องกรองอากาศกับมอเตอร์และท่อหายใจ

(2.3) ท่อหายใจ (breathing hose หรือ air hose) มีลักษณะเป็นท่ออ่อนสามารถ โค้งงอได้ปลายข้างหนึ่งสามารถต่อกับมอเตอร์และปลายอีกข้างหนึ่งสามารถต่อกับช่องอากาศเข้าของถุงคลุม ศีรษะ

หลักการทำงานของ PAPR คือ เมื่อมอเตอร์ทำงานจะดูดเอาอากาศโดยรอบเข้าทางเครื่องกรอง อากาศอากาศที่ผ่านการกรองแล้วจะถูกเป่าให้ไหลไปตามท่อหายใจเข้าไปในถุงคลุมศีรษะในอัตราการไหลคงที่ ปริมาณมากระบบการทำงานของหน้ากากแบบคลุมศีรษะเป็นแบบที่เรียกว่า แรงดันบวก (positive pressure) หมายถึงขณะที่มอเตอร์ทำงานปกติอัตราการจ่ายอากาศสะอาดเข้าภายในถุงคลุมศีรษะมีปริมาณคงที่และ สม่าเสมอจนทำให้เกิดความดันภายในถุงคลุมศีรษะสูงกว่าความดันอากาศภายนอกถุงคลุมศีรษะ ทำให้อากาศ ภายในถุงคลุมศีรษะมีทิศทางการไหลออกสู่ภายนอกตามชายขอบของถุงคลุมศีรษะตลอดเวลา ช่วยให้เกิด ม่านอากาศในการป้องกันไม่ให้อากาศจากภายนอกถุงคลุมศีรษะ ซึ่งยังไม่ผ่านการกรองและอาจมีอนุภาคของ จุลชีพก่อโรคปนเปื้อนอยู่นั้นเข้าภายในถุงคลุมศีรษะได้ ช่วยทำให้ผู้สวมหายใจได้สะดวกขึ้นมากเพราะไม่ต้อง ออกแรงสูดหายใจเข้าและได้รับอากาศสะอาดหายใจในปริมาณมากกว่าการหายใจเองจึงเหมาะสำหรับ ผู้ที่ต้องปฏิบัติงานติดต่อกันเป็นเวลานานโดยเฉพาะงานที่ต้องออกแรงมาก ข้อจำกัดมีเพียงระยะเวลาที่ แบตเตอรี่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้มอเตอร์เป่าอากาศทำงาน และประสิทธิภาพการกรองของวัสดุเครื่อง กรองอากาศ

**ข้อดี** คือ มีประสิทธิภาพในการป้องกันสูงไม่ต้องทำ fit testing ผู้สวมหายใจสะดวก เหมาะกับผู้ที่ปัญหาด้านสุขภาพเกี่ยวกับระบบหัวใจ ปอด และรูปหน้าที่ไม่สามารถใช้หน้ากากชนิด particulate respirator ได้และเป็นอุปกรณ์ที่ใช้แล้วสามารถทำความสะอาดการปนเปื้อนแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้

**ข้อเสีย** คือ มีราคาแพงอาจเป็นอุปสรรคต่อการทำงานการเคลื่อนไหว และการสื่อสาร ระยะเวลาการใช้งานจำกัดด้วยแบตเตอรี่ต้องเปลี่ยนอะไหล่อุปกรณ์แต่ละชิ้นเมื่อหมดอายุการใช้งานจึงจำเป็นต้องสะสมแบตเตอรี่และชิ้นส่วนไว้เปลี่ยนทดแทนต้องมีระบบการจัดการลดการปนเปื้อนหลังการใช้ที่ยุ่งยากผู้ใช้ต้องได้รับการฝึกให้สวมและถอดได้อย่างถูกวิธี และต้องมีเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุงไว้อย่างน้อยหนึ่งคนเพื่อดูแลรักษา

**3.2 ชุดจัดส่งอากาศ (Supplied air respirator)** เป็นอุปกรณ์ที่ไม่ใช้ระบบเครื่องกรองอากาศจากอากาศในบริเวณที่ปฏิบัติงานเพื่อจ่ายให้ผู้สวม แต่จะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายอากาศสะอาดสำหรับผู้สวมหายใจโดยตรง ได้แก่

**3.2.1 เครื่องช่วยหายใจชนิดมีสายส่งอากาศ** เป็นอุปกรณ์ป้องกันทางเดินลมหายใจที่มีแหล่งจ่ายอากาศหายใจแยกอิสระจากอากาศในบริเวณที่ปฏิบัติงานโดยผู้สวมจะได้รับอากาศสะอาดสำหรับหายใจซึ่งถูกส่งให้ผู้สวมผ่านสายส่งอากาศ (airline) หรือท่อส่งอากาศ (air hose) ในทางวิทยาศาสตร์การแพทย์หรือทางการแพทย์มีใช้บ้างเช่นในห้องปฏิบัติการชีวโมเลกุลระดับ 4 (BSL 4)



รูปที่ 9.13 ชุดจัดส่งอากาศชนิดมีสายส่งอากาศ

ที่มา: <https://www.cdc.gov/media/subtopic/library/LabsScientists/10723.jpg>

### 3.2.2 เครื่องช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศ (Self-Contained Breathing Apparatus; SCBA)

เป็นอุปกรณ์ป้องกันทางเดินลมหายใจที่มีแหล่งจ่ายอากาศหายใจแยกอิสระจากอากาศในบริเวณที่ปฏิบัติงาน ผู้สวมหายใจโดยได้รับอากาศสะอาดจากถังอากาศที่สะพายติดไปกับตัว ซึ่งเป็นถังบรรจุอากาศแบบอัดที่มีขนาดความจุตั้งแต่ 30 นาทีจนถึง 90 นาที ให้เลือกจึงมีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาที่สามารถอยู่ปฏิบัติงานในพื้นที่

อันตรายเป็นอุปสรรคป้องกันทางเดินหายใจที่ให้การป้องกันได้สูงสุด จำยอากาศให้ตามจังหวะการหายใจและตามปริมาณความต้องการอากาศหายใจของผู้สวมมักใช้เป็นอุปกรณ์มาตรฐานสำหรับพนักงานดับเพลิงใช้และยังเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับผู้ปฏิบัติงานกับวัตถุอันตราย (hazardous materials หรือ HazMat)



รูปที่ 9.14 ชุดจัดส่งอากาศชนิดมีถังอากาศ

ที่มา: <https://www.ehs.gatech.edu/chemical/lsm/7-6>

**Fit testing** คือ การทดสอบความแนบสนิทหรือความกระชับแนบกับใบหน้าของการใส่อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจชนิดที่มีลักษณะเป็นหน้ากาก เช่น particulate respiratory ชุดกรองอากาศแบบครอบครึ่งใบหน้าและเต็มใบหน้า เป็นต้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการทดสอบนี้ การทดสอบ fit testing ทำได้ 2 วิธี คือ 1) การวัดเชิงปริมาณ ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ผลที่ละเอียด แต่เครื่องมือมีราคาแพง และ 2) การวัดเชิงคุณภาพ ซึ่งเป็นที่นิยม เนื่องจากสะดวก และราคาเครื่องมือถูกกว่าที่เรียกว่า “fit test kit”



รูปที่ 9.15 การทดสอบความแนบสนิทการใส่หน้ากากชนิดใช้แล้วทิ้ง ด้วย fit test kit

ปกติจะทำในครั้งแรกก่อนการปฏิบัติงาน เพื่อเลือกหน้ากากกรองอากาศชนิดที่กระชับแนบสนิทกระชับกับใบหน้าของผู้สวมแต่ละคน หลังจากนั้นควรต้องทำการทดสอบอย่างน้อยปีละครั้ง หรือเมื่อผู้สวมมีน้ำหนักเปลี่ยนแปลงมาก หรือมีรูปหน้าเปลี่ยนไป เช่น เกิดอุบัติเหตุที่มีผลทำให้รูปหน้าช่วงคางเปลี่ยน เป็นต้น

#### 4. ถุงมือ

การปนเปื้อนของมือมักเกิดเมื่อต้องปฏิบัติงานกับสิ่งปนเปื้อนจุลชีพหรือจุลชีพในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากมือเป็นอวัยวะที่มีโอกาสได้รับบาดเจ็บได้ง่ายจากการปฏิบัติงานโดยเฉพาะการปฏิบัติงานกับของมีคม

ดังนั้นถุงมือจึงเป็นอุปกรณ์สำคัญในการช่วยลดโอกาสการได้รับอันตรายจากการปฏิบัติงาน โดยทั่วไปถุงมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพทำจาก latex, vinyl หรือ nitrile ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน หลีกเลี่ยงการนำถุงมือกลับมาใช้ใหม่ หากจำเป็นต้องเอาใจใส่ในเรื่องของการล้างมือ การถอด การทำความสะอาดและการลดการปนเปื้อนของถุงมือให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ นอกจากนี้สำหรับการทำงานในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพต้องใส่ถุงมือทุกครั้งหากต้องทำงานที่มีโอกาสสัมผัสกับจุลชีพ เลือดหรือของเหลวจากร่างกายมนุษย์ หรือแม้แต่จากสัตว์ก็ตาม

ควรถอดถุงมือ และล้างมืออย่างถูกวิธีให้สะอาดหลังการปฏิบัติงานกับจุลชีพ สิ่งปนเปื้อนหรือหลังการทำงานในตู้ชีวนิรภัย และก่อนออกจากห้องปฏิบัติการทุกครั้ง นอกจากนี้ถุงมือที่ใช้แล้วควรทิ้งลงในภาชนะสำหรับทิ้งขยะปนเปื้อนจุลชีพ การแพ้ถุงมือมักเกิดจากผดผื่นที่มีอยู่บนถุงมือ หากมีอาการแพ้ควรเลือกใช้ถุงมือชนิดไม่มีผดผื่น และควรใส่ถุงมือตาข่ายสแตนเลสสตีล (stainless steel mesh) เมื่อต้องปฏิบัติงานที่เสี่ยงต่อการได้รับเชื้อจากของมีคม

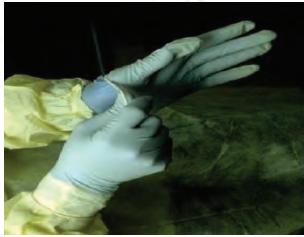
#### ตารางที่ 9.2 ตารางสรุปอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลสำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์ / เครื่องมือ	การป้องกันอันตราย	ลักษณะที่ปลอดภัย
เสื้อกาวน์	การปนเปื้อนเสื้อผ้า	เปิดด้านหลัง ปกปิดเสื้อผ้าที่ใส่มาได้มิดชิด
ผ้ากันเปื้อนพลาสติก	การปนเปื้อนเสื้อผ้า	ป้องกันน้ำ
รองเท้า	การกระแทก และการหก กระเด็น	ปิดนิ้วเท้า
ครอบตานิรภัย (safety goggles)	การกระแทก และการหก กระเด็น	ป้องกันบริเวณดวงตา โดยการปิดปิดรอบบริเวณ รอบดวงตา
แว่นตานิรภัย (safety glasses)	การกระแทก และการหก กระเด็น	เป็นเลนส์ทนแรงกระแทก (impact-resistant lenses)
กระบังป้องกันใบหน้า (face shields)	การกระแทก และการหก กระเด็น	บังได้หมดทั้งใบหน้า
อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ (respirator)	การหายใจเอาเชื้อที่ฟุ้งกระจาย อยู่ในอากาศ	มีหลายรูปแบบ ทั้งแบบใช้แล้วทิ้ง แบบหน้ากาก เต็มหน้า ครึ่งหน้า หรือ แบบหมวกคลุมทั้งศีรษะ (hood) และสามารถจ่ายอากาศสะอาดสำหรับ หายใจได้
ถุงมือ	การสัมผัสโดยตรง การตัด	ชนิดใช้แล้วทิ้งมีทั้งแบบที่ทำจาก latex, vinyl หรือ nitrile ป้องกันมือ โดยมีตาข่าย สแตนเลสสตีล (stainless steel mesh)



## วิธีการถอดถุงมือที่ถูกต้อง ควรปฏิบัติดังนี้

(1)



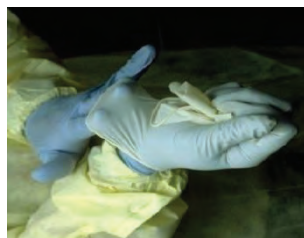
ใช้มือข้างหนึ่งจับข้อมือด้านนอกถุงมือ  
ของมืออีกข้างหนึ่งบริเวณใกล้ข้อมือ

(2)



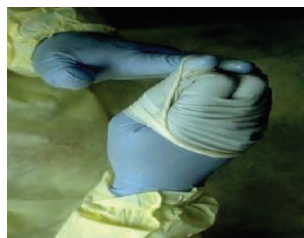
ดึงถุงมือออกในลักษณะให้ผิวด้านใน  
ของถุงมือออกมาด้านนอก

(3)



กำถุงมือข้างที่ถอดออกไว้ในฝ่ามือ  
ของข้างที่ยังไม่ได้ถอดถุงมือ

(4)



สอดนิ้วชี้ข้างที่ถอดถุงมือแล้ว ไปในถุงมือ  
ของมือข้างที่ยังไม่ถอดแล้วค่อยๆดึงถอด  
ถุงมือออกมาในลักษณะให้ผิวด้านในของ  
ถุงมือออกมาด้านนอก ถุงมือข้างที่ถอด  
ออกนี้จะกลายเป็นถุงหุ้มถุงมือข้างแรก  
ที่ถอดและกำอยู่ในมือก่อนหน้านี้นี้

ข้อควรระวังสำหรับการใช้งาน คือ ต้องไม่ใส่ถุงมือออกนอกห้องปฏิบัติการ และควรทิ้งในภาชนะทิ้งขยะปนเปื้อนเชื้อจุลชีพ ที่มีลักษณะปิดมิดชิด เพื่อรวบรวมรอนำไปกำจัดต่อไป

นอกจากการเลือกใช้ชนิดของอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลให้เหมาะสมกับลักษณะงาน ความเสี่ยงของอันตรายที่เกี่ยวข้องแล้ว ลำดับการถอดใส่อุปกรณ์ส่วนบุคคล เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญซึ่งอาจมีผลทำให้เกิดการติดเชื้อหรือสัมผัสจุลชีพก่อโรคของผู้สวมใส่ รวมถึงการแพร่กระจายจุลชีพนั้นสู่นอกห้องปฏิบัติการได้ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ทุกหน่วยงานต้องพิจารณาจัดทำลำดับและวิธีการถอดใส่ชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลให้เหมาะสม และต้องฝึกอบรมให้ผู้ใส่สามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้องตามระเบียบปฏิบัติที่กำหนด พร้อมทั้งมีการติดตามและประเมินผลการใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลของบุคลากรอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งระเบียบ

ปฏิบัติขั้นตอนการถอดใส่ของแต่ละหน่วยงานอาจมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะของแต่ละชั้นของอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่ห้องปฏิบัติการเลือกใช้ ลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ เป็นต้น นอกจากนี้สิ่งสำคัญผู้ปฏิบัติงานควรต้องใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลเมื่อต้องทำงานในห้องปฏิบัติการ ถอดเมื่อออกจากห้องปฏิบัติการเสมอและหลังจากถอดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลแล้วต้องล้างมืออย่างถูกวิธีทุกครั้ง

## การทำความสะอาดมือ

การทำความสะอาดมือ หมายถึง การขจัดสิ่งสกปรกและเชื้อจุลินทรีย์ออกจากมือ ไม่ว่าจะเป็นการล้างมือด้วยสบู่ น้ำยาฆ่าเชื้อ หรือการใช้แอลกอฮอล์ถูมือ พบว่าการทำความสะอาดมือช่วยลดเชื้อจุลินทรีย์บนมือได้ ช่วยลดการแพร่กระจายเชื้อดีดื้อยา จึงเป็นที่ยอมรับว่าการทำความสะอาดมือมีประสิทธิภาพในการป้องกันเชื้อและแพร่กระจายเชื้อ

บุคลากรห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์ควรทำความสะอาดมือเมื่อทำกิจกรรม ดังนี้

1. หลังสัมผัสกับสิ่งที่อาจปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ หรือ ตัวอย่างสิ่งส่งตรวจ
2. หลังถอดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เช่น ถุงมือ
3. ก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ
4. ก่อนและหลังสัมผัสผู้ป่วย

## วิธีการทำความสะอาดมือ

การทำความสะอาดมือสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. การล้างมือด้วยน้ำกับสบู่ หรือน้ำยาฆ่าเชื้อ (Hand washing or hand antisepsis) เมื่อมือเปื้อนสิ่งสกปรกอย่างเห็นได้ชัด การล้างมือด้วยน้ำแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1.1 การล้างมือด้วยน้ำกับสบู่ธรรมดา (Plain/non - antimicrobial soap) ช่วยขจัดสิ่งสกปรก ฝุ่นละออง เหงื่อไคล ไขมัน และจุลินทรีย์ออกจากมือ การล้างมือด้วยสบู่และน้ำใช้ในการทำความสะอาดมือ กรณีหลังถอดถุงมือ ก่อนและหลังการสัมผัสผิวหนังผู้ป่วยปกติที่ไม่มีการปนเปื้อนสารที่มีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ เป็นต้น

1.2 การล้างมือด้วยน้ำกับสบู่ผสมยาฆ่าเชื้อ (Antiseptic soaps) เช่น 7.5% povidone-iodine, 4% chlorhexidine gluconate, triclosan เป็นต้น น้ำยาฆ่าเชื้อเหล่านี้มีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ฆ่าจุลินทรีย์ได้ต่างกัน เช่น แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อได้เร็ว ส่วน chlorhexidine gluconate ออกฤทธิ์ได้เร็วและนานกว่า povidone iodine สำหรับการล้างมือด้วยน้ำกับสบู่ผสมยาฆ่าเชื้อจะช่วยขจัดสิ่งสกปรกและจุลินทรีย์ออกจากมือ ซึ่งสามารถขจัดได้ทั้งจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ชั่วคราวและจุลินทรีย์ประจำถิ่นได้มากกว่าสบู่ธรรมดา จึงใช้สำหรับการทำความสะอาดมือกรณีก่อนการถอดใส่อุปกรณ์ทางการแพทย์เข้าร่างกายผู้ป่วย ก่อนการสัมผัสผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ เป็นต้น

ในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพควรมีอ่างล้างมือและอุปกรณ์การล้างมือพร้อมใช้ ผ้าเช็ดมือควรใช้ผ้าที่สะอาดและแห้ง ควรใช้เป็นผ้าที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งหรือนำกลับไปซักใหม่ หรืออาจใช้กระดาษเช็ดมือแทนได้ นอกจากนี้ก่อนการล้างมือต้องถอดแหวน หรือเครื่องประดับอื่นที่ใส่นิ้วมือออก เพื่อให้ทำความสะอาดได้ทั่วถึง เปิดน้ำราดให้ท่วมมือ ฟอกมือด้วยสบู่ หรือสบู่ผสมน้ำยาฆ่าเชื้อ โดยใช้ประมาณ 3-5 มิลลิลิตร เพื่อให้การทำความสะอาดทั่วถึงทุกส่วนการฟอกสบู่ในการล้างมือประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้



ฟอกฝ่ามือ



ฟอกง่ามนิ้วมือด้านหน้า



ฟอกหลังมือและง่ามนิ้วมือด้านหลัง



ฟอกนิ้วและข้อนิ้วมือด้านหลัง



ฟอกนิ้วหัวแม่มือ



ฟอกปลายนิ้วและเล็บ



### ฟอกรอบข้อมือ

ที่มา: คู่มือปฏิบัติการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล

หลังจากนั้นล้างคราบสบู่ออกให้หมดด้วยน้ำสะอาด เช็ดมือให้แห้งด้วยผ้าหรือกระดาษสะอาด แล้วให้ผ้าหรือกระดาษเช็ดมือนั้นปิดก๊อกน้ำ (หากก๊อกน้ำเป็นชนิดที่ต้องใช้มือปิด) เพื่อลดโอกาสการปนเปื้อนจุลชีพของมือจากการสัมผัสก๊อกน้ำ

ข้อควรระวังในการล้างมือ คือ ต้องล้างมือให้ทั่วทุกส่วนและใช้เวลานานอย่างน้อย 20 วินาที เพื่อขจัดสิ่งสกปรกและจุลชีพออกจากมือให้ได้มากที่สุด ยิ่งใช้เวลานานยิ่งขจัดจุลชีพออกได้มากขึ้น

**2. การถูมือด้วยแอลกอฮอล์ (Alcohol – based hand rubs)** เพื่อลดเวลาและน้ำในการทำความสะอาดมือ รวมถึงในกรณีที่ไม่มีอ่างล้างมือ จึงได้มีการนำเอาการทำความสะอาดมือด้วยวิธีการถูมือด้วยแอลกอฮอล์มาปรับใช้

แอลกอฮอล์ที่ใช้ต้องอยู่ในรูปสารละลายน้ำ (hydroalcoholic liquid rubs) ความเข้มข้น 60% - 95% จึงจะมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อได้ดี โดยมีฤทธิ์ทำให้สารโปรตีนแข็งตัวและทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลชีพ แอลกอฮอล์ที่ใช้มี 3 ชนิด ได้แก่ ethanol (ethyl alcohol), propan-1 – ol (n – propanol, n – propyl alcohol) และ propan- 2 – ol (isopropanol, isopropyl alcohol)

ข้อเสียของแอลกอฮอล์ คือ ทำให้ผิวแห้ง ปัจจุบันจึงมีการผสมสารเพิ่มความชุ่มชื้นกับผิวหนังในแอลกอฮอล์สำหรับทำความสะอาดมือ ข้อดี คือ ออกฤทธิ์เร็ว ใช้เวลาน้อยกว่าการล้างมือด้วยน้ำและสบู่ ไม่จำเป็นต้องใช้อ่างล้างมือ และผ้าเช็ดมือ

อย่างไรก็ตามการทำความสะอาดมือด้วยแอลกอฮอล์ควรใช้ในกรณีที่มือไม่ได้เปื้อนสิ่งสกปรก ตัวอย่างสิ่งส่งตรวจ เช่น เลือด หรือสารคัดหลั่ง อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากแอลกอฮอล์จะเสื่อมสภาพเมื่อสัมผัสกับสิ่งสกปรก ประสิทธิภาพของแอลกอฮอล์ขึ้นกับหลายปัจจัย ได้แก่ ปริมาณที่ใช้ ความเข้มข้น ระยะเวลาที่สัมผัสกับแอลกอฮอล์ และใช้ในขณะที่มือเปียกหรือไม่ การใช้แอลกอฮอล์ทำความสะอาดมือควรใช้ในปริมาณ 3-5 มิลลิลิตร ใส่ฝ่ามือแล้วลูบถูให้ทั่วฝ่ามือ หลังมือและนิ้วมือ จนกระทั่งแอลกอฮอล์ระเหยจนแห้ง ซึ่งใช้เวลาประมาณ 20-30 วินาที



ปัญหาในการใช้แอลกอฮอล์ทำความสะอาดมือ เช่น บุคลากรใช้แอลกอฮอล์ปริมาณน้อยเกินไป ลูบแอลกอฮอล์ไม่ทั่วมือ ไม่รอให้แอลกอฮอล์ระเหยจนแห้งก่อนไปทำกิจกรรมต่อ ทำให้การทำความสะอาดไม่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้เนื่องจากแอลกอฮอล์สามารถระเหย และติดไฟได้ ดังนั้นภาชนะที่ใส่ควรปิดมิดชิด ป้องกันการระเหยได้ และต้องไม่วางในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงและมีไฟ อย่างไรก็ตามแอลกอฮอล์ 70% ในภาชนะแบบกดหลังตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิปกติ แอลกอฮอล์จะยังคงมีความเข้มข้นมากกว่า 60% ในระยะเวลา 30 วัน ซึ่งเพียงพอสำหรับการทำความสะอาดมือได้

ในกรณีที่ห้องปฏิบัติการมีการทำงานที่มีความเสี่ยงเกี่ยวกับสปอร์ของแบคทีเรีย หรือ non enveloped virus ควรหลีกเลี่ยงการทำความสะอาดมือโดยการถูด้วยแอลกอฮอล์ เนื่องจากไม่สามารถทำลายสปอร์ได้ ควรใช้วิธีการทำความสะอาดมือด้วยน้ำและสบู่ผสมยาฆ่าเชื้อ เช่น 4% chlorhexidine gluconate



## บทที่ 10

### การบริหารจัดการความเสี่ยงทางชีวภาพ (Biorisk Management)

ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการมีโอกาสที่จะเกิดอันตรายจากกระบวนการทำงาน ไม่ว่าจะเป็นอันตรายทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ นอกจากนี้ยังมีในเรื่องของความปลอดภัยในการใช้แก๊ส เครื่องมือ ไฟฟ้า และอื่นๆ โดยที่ผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ซึ่งอันตรายที่เกิดขึ้นในแต่ละห้องปฏิบัติการอาจมีความแตกต่างกัน ขึ้นกับลักษณะงานและปัจจัยควบคุม ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงจึงทำให้ทราบได้ว่าในกระบวนการทำงานนั้นมีความเสี่ยงต่อผู้ปฏิบัติงานมากน้อยเพียงใดตามลักษณะงานในหน่วยงานและนำมาตราการควบคุมมาใช้เพื่อป้องกันอันตรายเหล่านั้น โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงาน ชุมชน และสิ่งแวดล้อมมีความปลอดภัย

ในบทนี้จะอธิบายการบริหารจัดการความเสี่ยงทางชีวภาพ (Biorisk Management) ซึ่งมีนิยามที่ควรทราบดังนี้

- Hazard หมายถึง วัตถุสิ่งของหรือสิ่งมีชีวิตที่ทำให้เกิดอันตรายได้ภายใต้สภาวะหนึ่งที่เหมาะสมเช่น จุลชีพก่อโรค สารชีวภาพอันตรายสิ่งส่งตรวจจากผู้ป่วยสารเคมี สัตว์ทดลอง บุคลากร และเครื่องมือเครื่องใช้
- Threat หมายถึง บุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่มีเป้าประสงค์จะทำให้เกิดอันตรายและมีศักยภาพที่จะทำอันตรายต่อบุคคลอื่นหรือต่อสังคม
- Likelihood หมายถึง โอกาสหรือความถี่ที่จะเกิดอันตรายหรือบาดเจ็บจาก hazard หรือ threat
- Consequence หมายถึง ผลกระทบด้านลบที่เกิดจากการได้รับอันตรายหรือบาดเจ็บจาก hazard หรือ threat
- Risk หมายถึง ความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายหรือบาดเจ็บจาก hazard หรือ threat ในสภาพแวดล้อมหรือสถานการณ์ที่เฉพาะเจาะจงในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

การบริหารจัดการความเสี่ยงทางชีวภาพ (Biorisk Management) ต้องประเมินให้ครอบคลุมทั้งหลักการของความปลอดภัยทางชีวภาพ (Biosafety) และความมั่นคงทางชีวภาพ (Biosecurity) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก เรียกว่า AMP model ดังนี้

**1. การประเมินความเสี่ยง (Assessment)** เป็นขั้นตอนชี้บ่ง hazard และ threat ที่มีในการปฏิบัติงานหรือในการทดลอง จากนั้นประเมินความเสี่ยง (risk) โดยพิจารณาถึงโอกาสที่จะเกิด (likelihood) และผลกระทบด้านลบที่ตามมา (consequence)

2. การควบคุมความเสี่ยง (Mitigation) เป็นขั้นตอนการควบคุมความเสี่ยงให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้
3. การทำให้ประสบผลสำเร็จ (Performance) เป็นขั้นตอนการควบคุมกำกับ ตรวจสอบ และพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อให้การควบคุมความเสี่ยงนั้นประสบความสำเร็จอย่างยั่งยืน

### การประเมินความเสี่ยง (Assessment)

การประเมินความเสี่ยงควรดำเนินการร่วมกันโดยผู้เกี่ยวข้องทุกระดับตั้งแต่ ผู้บริหารหน่วยงาน หัวหน้าห้องปฏิบัติการ หัวหน้าโครงการ ผู้ปฏิบัติงาน เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย ช่างเทคนิค เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยแพทย์หรือผู้มีหน้าที่ดูแลด้านสุขภาพกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน พนักงานทำความสะอาด การประเมินความเสี่ยงควรดำเนินการก่อนเริ่มลงมือปฏิบัติงาน หรือเมื่อเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานเปลี่ยนเครื่องมือ ตลอดจนเปลี่ยนพื้นที่ปฏิบัติการ

หลักการของการประเมินความเสี่ยงเริ่มต้นโดยการชี้บ่งว่าอะไรเป็น hazard หรือ threat ได้บ้าง และพิจารณาถึงความเสี่ยง (risk) ที่อาจเกิดอันตรายหรือบาดเจ็บจาก hazard หรือ threat นั้นโดยการพิจารณาถึงโอกาสที่จะเกิดอันตราย (likelihood) จาก hazard หรือ threat และผลกระทบด้านลบที่ตามมา (consequence) เมื่อเกิดความเสี่ยงนั้น

ปัจจัยประกอบการพิจารณามีดังนี้

1. คุณสมบัติของจุลชีพก่อโรค หรือ สารชีวภาพอันตราย เช่น ระดับความรุนแรงของเชื้อ การแพร่กระจาย ความสามารถในการก่อโรค เป็นต้น จุลชีพก่อโรคที่อยู่ในกลุ่มความเสี่ยง (risk group) สูงจะมีผลกระทบหรือความรุนแรงมากกว่าจุลชีพก่อโรคที่อยู่ในกลุ่มความเสี่ยงต่ำกว่า
2. บุคลากรผู้ปฏิบัติงาน เช่น มีความรู้ ความชำนาญ ประสบการณ์ ตลอดจนอุปนิสัยในการทำงาน มีความรอบคอบหรือเลินเล่อ เป็นต้น
3. เทคนิคหรือวิธีการดำเนินการทางห้องปฏิบัติการ ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของจุลชีพก่อโรค หรือขั้นตอนที่มีโอกาสสัมผัสจุลชีพได้ง่าย หรือ ขั้นตอนที่มีการเพิ่มปริมาณจุลชีพก่อโรค เป็นต้น
4. สิ่งแวดล้อม เช่น พื้นที่ปฏิบัติงานสะอาดไม่รกรุงรัง มีระบบระบายอากาศที่ดี มีการแยกพื้นที่ปฏิบัติงานหรือต้องปฏิบัติงานร่วมกันหลายกิจกรรม เป็นต้น
5. เครื่องมือ มีความเหมาะสม ได้รับการบำรุงรักษาและสอบเทียบหรือตรวจรับรอง เป็นต้น

นอกจากนี้ การได้มาของความเสี่ยงอาจนำมาจากข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุ/อุบัติการณ์ที่ผ่านมา รวมถึงข้อมูลจากเอกสาร เช่น Pathogen Safety Data Sheet (PSDS) เป็นต้น

ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยง สามารถดำเนินการได้ ดังนี้

1. จำแนกขั้นตอนการทดลองหรือขั้นตอนการปฏิบัติงานต้องครอบคลุมตั้งแต่ก่อนปฏิบัติงาน ขณะปฏิบัติงานและหลังปฏิบัติงาน

2. ระบุอันตราย (hazard หรือ threat) ที่อาจเกิดในแต่ละขั้นตอน

3. ประเมินความเสี่ยงและระบุความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้จากอันตรายในข้อ 2 โดยพิจารณาถึงโอกาสที่อาจเกิด (likelihood) และผลกระทบที่ตามมา (consequence) ตัวอย่างเช่น

3.1 ความเสี่ยง (risk) เกิดขึ้นเมื่ออยู่ร่วมกับสิ่งที่เป็นอันตรายในสภาพแวดล้อมหรือสถานการณ์ที่เฉพาะเจาะจงในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง เช่น ผู้ปฏิบัติงานมีความเสี่ยง (risk) ต่อการติดเชื้อใน ห้องปฏิบัติการ เมื่อสัมผัสกับสิ่งปนเปื้อนจุลชีพที่หกหรือกระเด็นอยู่บนโต๊ะ หรือมีความเสี่ยงต่อการถูกเข็ม เจาะเลือดใช้แล้วตำน้ำจากการปฏิบัติงานไม่ถูกต้องหรือขั้นตอนการทิ้งที่ไม่ถูกต้อง ในขณะเดียวกันความ รุนแรงของความเสี่ยงกรณีดังกล่าวขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของจุลชีพ หากเป็นจุลชีพที่อยู่ในกลุ่มความเสี่ยง (risk group) สูงผลกระทบหรือความรุนแรงย่อมมากกว่าจุลชีพที่อยู่ในกลุ่มความเสี่ยงต่ำกว่า

3.2 โอกาสหรือความเป็นไปได้ (likelihood) อาจประเมินได้จากความถี่ของการ ปฏิบัติงานกับ hazard เช่น จำนวนความถี่ในการตรวจยืนยันเชื้อ *Mycobacterium tuberculosis* ต่อหนึ่ง สัปดาห์ เวลาที่ใช้ในแต่ละครั้ง ยิ่งทำบ่อยครั้งและใช้เวลานานมาก โอกาสเสี่ยงยิ่งสูง เป็นต้นผู้ประเมินอาจ ประเมินโอกาสจากน้อยไปมากด้วยการกำหนดค่าเป็นตัวเลขเช่น หากกำหนดเป็น 3 ระดับคือ ต่ำ ปานกลาง สูง อาจแปลงเป็นตัวเลข 1 2 และ 3 ทั้งนี้การแบ่งระดับขึ้นกับความต้องการของแต่ละหน่วยงาน

3.3 ผลกระทบ (consequence) ประเมินจากความเสียหายหรือความเจ็บป่วยของ ผู้ปฏิบัติงาน หากผลกระทบนั้นส่งผลผู้ปฏิบัติงานไม่มากและสามารถกลับมาดำเนินชีวิตเป็นปกติได้ก็ย่อมมี ความรุนแรงน้อยกว่าผลกระทบที่ทำให้ผู้ปฏิบัติการไม่สามารถกลับมาใช้ชีวิตดังปกติหรือใช้เวลาในการรักษา นานทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูงผู้ประเมินอาจประเมินผลกระทบจากน้อยไปมากด้วยการกำหนดค่าเป็นตัวเลข เช่น หากแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ต่ำ ปานกลาง สูง อาจแปลงเป็นตัวเลข 1 2 และ 3 ทั้งนี้การแบ่งระดับขึ้นกับ ความต้องการของแต่ละหน่วยงาน

4. หากผลการประเมินความเสี่ยงจากข้อ 3 พบว่าความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (acceptable risk) ให้ดำเนินการต่อโดยมีการควบคุมอย่างต่อเนื่องเพื่อลดระดับความเสี่ยงนั้นให้มากที่สุด

5. ถ้าผลการประเมินความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ยอมรับไม่ได้ ให้จัดทำแผนลดความเสี่ยง ดำเนินการลดความเสี่ยง และประเมินผล หากยังไม่สามารถลดความเสี่ยงได้ควรพิจารณาเปลี่ยนเทคนิควิธีการ ปฏิบัติงาน (substitution) เพื่อลดความเสี่ยง หากไม่สามารถหาวิธีการปฏิบัติงานทดแทนได้ อาจจำเป็นต้อง พิจารณายกเลิกการปฏิบัติงานนั้นหรือส่งต่อห้องปฏิบัติการที่มีความพร้อมมากกว่า (elimination)

6. นำผลการประเมินความเสี่ยงมาจัดลำดับความสำคัญในการดำเนินการแก้ไข



## การควบคุมความเสี่ยง (Mitigation)

หลังจากการประเมินความเสี่ยงและจัดลำดับในการดำเนินการแก้ไขจัดการควบคุมเพื่อให้ความเสี่ยงนั้นลดลงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ การจัดการควบคุมประกอบด้วย 4 ด้าน ดังนี้

**1. การควบคุมด้านวิศวกรรม (Engineering control)** เป็นการควบคุมด้านกายภาพซึ่งหมายถึง โครงสร้างอาคารหรือห้องปฏิบัติการที่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมกับระดับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ เพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานกับจุลชีพก่อโรคตามกลุ่มเสี่ยงรวมทั้งมีมาตรการในการควบคุมดูแลแตกต่างกันไปเช่น โรคติดเชื้อจากไวรัสอีโบล่าที่ต้องดำเนินการใน BSL4 หรือ BSL3 แบบมีเงื่อนไข (ดูรายละเอียดในบทที่ 4 ระดับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาและการปฏิบัติงาน) นอกจากนี้การควบคุมทางวิศวกรรมยังรวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเช่น ตู้ชีวนิรภัยซึ่งต้องใช้ในการทำงานกับจุลชีพเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการรั่วไหลระหว่างการทำงานจนเกิดอันตรายกับผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม (ดูรายละเอียดในบทที่ 8 เครื่องมือที่มีผลกับความปลอดภัยทางชีวภาพ) การควบคุมทางวิศวกรรมนี้เป็นการควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด เปรียบเสมือนขณะเกิดอุบัติเหตุ ผู้ปฏิบัติงานนั่งอยู่ในรถยนต์ย่อมได้รับอันตรายน้อยกว่าอยู่บนรถจักรยานยนต์เนื่องจากมีโครงสร้างของตัวรถปกป้องอยู่

**2. การควบคุมด้านบริหาร (Administrative control)** เป็นการควบคุมโดยอาศัยช่องทางในด้านการบริหารจัดการ ต้องมีการกำหนดเป็นนโยบายของหน่วยงานเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทุกคนได้ใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติซึ่งนโยบายนี้ต้องครอบคลุมการป้องกันความเสี่ยงไม่ให้เกิดขึ้นหรือเกิดน้อยที่สุด นอกจากนี้รวมถึงการจัดทำคู่มือต่างๆเกี่ยวกับความปลอดภัย เอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOP) เพื่อให้ผู้ปฏิบัติใช้อ้างอิงหรือเป็นแนวทางทำงานอย่างถูกต้องปลอดภัย ระเบียบปฏิบัติที่จำเป็นในการปฏิบัติงานซึ่งต้องได้รับการกำหนดมาจากผู้บริหารให้ทุกคนต้องปฏิบัติตามเพื่อความปลอดภัย เช่น

- มอบหมายบุคคลให้มีหน้าที่ดูแลรับผิดชอบสำหรับห้องปฏิบัติการ (biosafety officer หรือ supervisor)
- จัดให้มีการฝึกอบรมให้ความรู้อย่างสม่ำเสมอ (training) เพื่อให้มั่นใจว่าผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติตามวิธีปฏิบัติมาตรฐานได้ถูกต้องมีการมาตรการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับผู้ปฏิบัติงาน
- ควบคุม และจำกัดการเข้าปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ
- จัดหาอุปกรณ์ป้องกันเฉพาะ สำหรับผู้ปฏิบัติงานอย่างเหมาะสม
- มีแผนสำหรับการฆ่าเชื้อห้องปฏิบัติการ (laboratory decontamination)
- ดำเนินการให้มีการฉีดวัคซีนแก่ผู้ปฏิบัติงาน (immunization)
- จัดให้มีโปรแกรมสำรวจการเจ็บป่วยของผู้ปฏิบัติงาน (medical surveillances)

- กำหนดให้มีแผนการฝึกปฏิบัติงานเพื่อให้ทุกคนสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOP compliance)
- กำหนดให้มีการตรวจสอบคุณสมบัติของผู้ปฏิบัติงานตามความเหมาะสมของงานที่ได้รับมอบหมาย
- กำหนดให้ต้องมีการแสดงสัญลักษณ์และข้อมูลต่างๆ ด้านความปลอดภัย เครื่องหมายบ่งชี้ว่าเป็นห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับใด ให้ข้อมูลชนิดของเชื้อที่มีในการปฏิบัติการ รวมทั้งให้ระบุชื่อและเบอร์โทรศัพท์ผู้มีหน้าที่รับผิดชอบที่ติดต่อได้สะดวก ในบริเวณที่ชัดเจนและเห็นได้ง่าย

**3. การปฏิบัติและวิธีการ (Practice and procedure)** เป็นการควบคุมวิธีการทำงานของผู้ปฏิบัติงานให้ถูกต้องเหมาะสมตามมาตรฐานการปฏิบัติงานเพื่อลดโอกาสเสี่ยงในการเกิดอันตราย ต้องมีการฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานให้ทราบถึงวิธีการทำงานที่ถูกต้องปลอดภัยก่อนการปฏิบัติงาน และต้องการทบทวนความรู้เป็นประจำเช่นการถอดใส่อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยส่วนบุคคล การใช้งานตู้ชีววิทย้อย่างถูกต้องเหมาะสม เป็นต้น

**4. อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personnel Protective Equipment)** เป็นการควบคุมโดยใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลซึ่งผู้ใช้ต้องทราบชนิดและคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่เลือกใช้เพื่อให้เหมาะสมกับงานหรือความเสี่ยงจากกิจกรรมที่ต้องปฏิบัติ

### การทำให้ประสบผลสำเร็จ (Performance)

เป็นขั้นตอนการควบคุมกำกับ ตรวจสอบ และ พัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อให้การควบคุมความเสี่ยงนั้นประสบความสำเร็จอย่างยั่งยืนหลังจากดำเนินการควบคุมความเสี่ยง (mitigation) ตามที่กล่าวข้างต้นจะต้องมีการควบคุมกำกับ ตรวจสอบ เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน

**1. การควบคุม (Control)** หมายถึงวิธีการหรือกระบวนการในการควบคุมและกำกับดูแล ว่ามีการดำเนินการตามแผนการควบคุมความเสี่ยงครบถ้วนเช่นจัดทำขั้นตอนวิธีปฏิบัติและมอบหมายผู้รับผิดชอบในการติดตามผล เช่น การที่หัวหน้าห้องปฏิบัติการควบคุมให้ผู้ปฏิบัติงานดำเนินการตามมาตรฐานการปฏิบัติงานที่ใช้ในหน่วยงาน การจัดทำบัญชีจัดแจ้งเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ตามกฎหมายว่าด้วยเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ เป็นต้น

**2. การทำให้เชื่อมั่น (Assurance)** หมายถึงกระบวนการตรวจสอบหรือตรวจติดตามเพื่อยืนยันว่าการควบคุมความเสี่ยงนั้นดำเนินการไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยปกติมักใช้การตรวจติดตามภายใน (internal audit) เพื่อดูว่าผู้ปฏิบัติงานยังคงปฏิบัติตามระเบียบหรือมาตรฐานการปฏิบัติงานหรือไม่ เช่น การตรวจสอบบันทึกการใช้งานเครื่องนี้ทำลายเชื้อการตรวจสอบบัญชีจัดแจ้งเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ เป็นต้น

**3. การปรับปรุง (Improvement)** หมายถึง กระบวนการทบทวนและวิเคราะห์การดำเนินการที่ผ่านมา เพื่อจัดทำแผนการควบคุมความเสี่ยงหรือลดความเสี่ยง เช่น การประชุมทบทวนการดำเนินการด้านความปลอดภัยประจำปี

อย่างไรก็ตาม ผู้ประเมินพึงระลึกไว้เสมอว่าความเสี่ยงไม่สามารถลดให้เป็นศูนย์ได้ แต่เราสามารถลดความเสี่ยงลงจนอยู่ในระดับที่เรายอมรับได้ (acceptable risk) ดังนั้นหากความเสี่ยงนั้นอยู่ในระดับความเสี่ยงเล็กน้อยหรือยอมรับได้ อาจไม่จำเป็นต้องดำเนินการใดเพิ่มเติมจากที่ปฏิบัติอยู่ แต่หากระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับปานกลาง ความเสี่ยงสูง หรือความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ จะต้องมีการจัดการควบคุมความเสี่ยงเพิ่มเติมโดยพิจารณาหาวิธีการควบคุมที่เหมาะสมเพื่อให้ระดับความเสี่ยงที่เกิดขึ้นนั้นลดลงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

#### **ประโยชน์ของการบริหารจัดการความเสี่ยง**

1. มั่นใจว่าผู้ปฏิบัติงานหรือผู้เกี่ยวข้องปลอดภัยจากการสัมผัสกับสารชีวภาพอันตราย
2. ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุที่ทำให้เกิดการรั่วไหลหรือการปนเปื้อนของสารชีวภาพอันตราย
3. บ่งชี้ความต้องการเรื่องการฝึกอบรมหรือคำแนะนำ
4. พิจารณาเปลี่ยนวิธีทดสอบให้มีความปลอดภัยเพิ่มขึ้น
5. ตัดสินพิจารณาพื้นที่และเครื่องมือที่ต้องการ
6. ประเมินการควบคุมความปลอดภัย
7. ประเมินแผนรองรับสถานการณ์ฉุกเฉิน



---

## บทที่ 11

### น้ำยาฆ่าเชื้อโรค (Disinfectant)

---

#### น้ำยาฆ่าเชื้อโรค (Disinfectant)

**น้ำยาฆ่าเชื้อโรค** หมายถึง สารเคมีหรือส่วนผสมของสารเคมีที่มีฤทธิ์ฆ่าจุลินทรีย์ก่อโรคหรือเชื้อยีสต์ สปอร์ของเชื้อ หรือมีฤทธิ์ระงับเชื้อ ซึ่งจะระบุที่ฉลากของผลิตภัณฑ์ว่ามีฤทธิ์ระดับใดส่วนใหญ่ใช้กับสิ่งไม่มีชีวิตเท่านั้น มีฤทธิ์ระคายเคืองต่อผิวหนัง เนื้อเยื่อ และเยื่อเมือกของร่างกาย โดยทั่วไปมักใช้ในการฆ่าเชื้อโรคบนพื้นผิวของวัตถุ เช่น พื้นห้อง เครื่องมือ เครื่องใช้ เป็นต้น

สารเคมีหลายชนิดสามารถใช้เป็นน้ำยาฆ่าเชื้อโรคได้ ซึ่งมีขายอยู่จำนวนมากในลักษณะของสารประกอบต่างๆ ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังในการเลือกซื้อ เพื่อให้เหมาะสมกับเชื้อที่เราต้องการจัดการ โดยปัจจัยที่มีผลต่อการออกฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อ มีดังนี้

1. ชนิด และความสามารถในการทำลายของจุลินทรีย์
2. ชนิดและความเข้มข้นของน้ำยาฆ่าเชื้อ
3. ระยะเวลาและอุณหภูมิของการใช้น้ำยาทำลายเชื้อ
4. จำนวนของเชื้อที่ปนเปื้อน
5. การปนเปื้อนของสารอินทรีย์
6. ปริมาณน้ำที่ติดมากับอุปกรณ์
7. ลักษณะพื้นผิวของสิ่งที่ต้องการลดการปนเปื้อน

หลักทั่วไปในการเลือกใช้น้ำยาฆ่าเชื้อ มีดังนี้

- 1) วัตถุประสงค์ในการใช้ พิจารณาว่าต้องการใช้น้ำยาฆ่าเชื้อกับสิ่งที่ต้องการทำลายเชื้อประเภทใด และสิ่งเหล่านั้นมีเชื้ออะไรที่เกี่ยวข้อง
- 2) คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ทางชีววิทยาของน้ำยาฆ่าเชื่อนั้น ได้แก่ ความคงตัวของน้ำยา อายุของน้ำยาที่ใช้
- 3) ความปลอดภัยของผู้ใช้ คำนึงถึง การดูดซึมเข้ากระแสเลือด การระคายเคืองต่อผิวหนัง อาการแพ้ ที่อาจเกิดขึ้น
- 4) เอกสารกำกับที่แนบมาจากบริษัท เอกสารทางการแพทย์ องค์กรสากลที่เกี่ยวข้องรับรอง ไม่โฆษณาเกินความเป็นจริง ราคาเหมาะสม

โดยทั่วไปการฆ่าเชื้อโรคของสารเคมีหลายชนิดมักมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่ในขณะเดียวกัน การที่อุณหภูมิสูงก็มีอิทธิพลต่อการเร่งการระเหยและการเสื่อมประสิทธิภาพของสารเคมีด้วย



เช่นกัน ดังนั้น การเก็บรักษา และวิธีการใช้สารเคมี จึงมีความสำคัญที่ต้องพิจารณาด้วย โดยเฉพาะประเทศในเขตร้อน ซึ่งอาจทำให้อายุการเก็บ (shelf-life) ของสารเคมีลดลง เนื่องจากความชื้นในอากาศสูง

นอกจากนี้ สารเคมีหลายชนิดสามารถเป็นอันตรายต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม จึงควรเลือก เก็บรักษา จัดการ ใช้งาน และทิ้งอย่างระมัดระวัง ตามคู่มือสารเคมีแต่ละชนิดที่แนะนำไว้ ในส่วนความปลอดภัยของผู้ใช้งาน แนะนำควรต้องใส่ถุงมือ ผ่ากั้นเปื้อน และเครื่องป้องกันตา เมื่อต้องใช้และเตรียมสารละลายสารเคมีสำหรับฆ่าเชื้อโรค

## ประเภทของน้ำยาฆ่าเชื้อ

น้ำยาฆ่าเชื้อแบ่งเป็นประเภทตามความสามารถในการทำลายเชื้อได้ 3 ระดับ ดังนี้

1. **น้ำยาฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูง (High-level disinfectant)** คือ สารเคมีที่สามารถฆ่าสปอร์ของแบคทีเรียและจุลชีพได้ทุกชนิด (ได้แก่ vegetative form สปอร์ของแบคทีเรีย มัยโคแบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส ทั้ง lipid และ non-lipid virus) จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นสารที่ทำให้ปลอดเชื้อ (sterilant) ในวัสดุหรือเครื่องมือที่ต้องการความปลอดภัยอย่างยิ่ง (critical items) ตัวอย่างของน้ำยาฆ่าเชื้อประเภทนี้ได้แก่ กลูตาราลดีไฮด์ 2.0 – 3.2% ก๊าซเอทิลีนออกไซด์ เป็นต้น

2. **น้ำยาฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพปานกลาง (Intermediate-level disinfectant)** คือสารเคมีที่สามารถฆ่าจุลชีพได้ทุกชนิด ยกเว้นสปอร์ของแบคทีเรีย ไวรัสชนิด non-lipid และ small size และสามารถฆ่าเชื้อจุลชีพที่มีความสำคัญ เช่น Mycobacterium tuberculosis และ lipid virus ได้ โดยฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อไวรัสเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มข้นของน้ำยา จึงเหมาะสมที่จะใช้สารเคมีเหล่านี้ในกลุ่มเครื่องมือที่ต้องการความปลอดภัยปานกลาง (semi-critical items) ตัวอย่างของน้ำยาฆ่าเชื้อประเภทนี้ได้แก่ แอลกอฮอล์ฟอร์มาลดีไฮด์ ไอโอดีนฟออร์ สารประกอบคลอรีน (โซเดียมไฮโปคลอไรท์)

3. **น้ำยาฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพต่ำ (Low-level disinfectant)** คือสารเคมีที่สามารถฆ่าได้เฉพาะแบคทีเรีย (vegetative form) ไม่สามารถฆ่าสปอร์ของแบคทีเรีย เชื้อมัยโคแบคทีเรีย หรือเชื้อไวรัสได้ สารเคมีเหล่านี้เมื่อความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้นอาจเปลี่ยนจาก low-level disinfectants เป็น intermediate-level disinfectants ได้ ตัวอย่างของน้ำยาฆ่าเชื้อประเภทนี้ได้แก่ povidone-iodine จาก 75 ppm เป็น 450 ppm สารเคมีบางชนิดแม้ความเข้มข้นจะเพิ่มขึ้นเพียงใดก็เป็น low-level disinfectants เช่น benzalkonium chloride (ชื่อการค้า Zephrol, Zephiran) สารเคมีกลุ่มนี้ จึงเหมาะสมที่จะใช้สำหรับวัสดุหรือเครื่องมือที่ไม่ต้องการความปลอดภัยมากนัก (non-critical item)

## สารเคมีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค ที่สำคัญมี ดังนี้

### 1. คลอรีน บ्लीช (Chlorine bleach)

เป็นสารเคมีที่มีสารละลาย โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (hypochlorite) ในรูปของเกลือโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) เตรียมได้จากการผ่านก๊าซคลอรีนลงในโซดาไฟ (NaOH) โซเดียมไฮโปคลอไรท์เตรียมได้แต่ในรูปของสารละลายเท่านั้น ไม่สามารถเตรียมได้ในสภาพของแข็งเพราะไม่เสถียร หลังจากละลายน้ำแล้วจะเกิดการแตกตัวของโมเลกุลและปลดปล่อยกรดไฮโปคลอรัส (HOCl) และออกซิเจน (O) ที่มีคุณสมบัติเป็นสารทำปฏิกิริยาออกซิไดซ์ที่รวดเร็ว (fast-acting oxidant) จากกลไกนี้ จึงทำให้เกิดฤทธิ์ฆ่าเชื้อมีฤทธิ์ในการกัดกร่อนจัดเป็น intermediate-level disinfectant ไม่สามารถฆ่าสปอร์ แต่สามารถฆ่าเชื้อมัคโคแบคทีเรียแบคทีเรีย รา ไวรัส HBV HIV ได้ดีเป็นสารเคมีที่มีช่วงความสามารถในการฆ่าเชื้อได้หลายชนิด (broad-spectrum chemical) ในท้องตลาดมักขายอยู่ในรูปของน้ำยาฟอกผ้าขาวซึ่งสามารถใช้ละลายกับน้ำเพื่อใช้ในการฆ่าเชื้อโรคที่ความเข้มข้นต่างๆ ขึ้นกับความเหมาะสมประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของสารเคมีชนิดนี้จะลดลงอย่างมากหากในปฏิกิริยามีสารประกอบอินทรีย์จำพวกโปรตีน

ไม่แนะนำให้ใช้น้ำยาฟอกผ้าขาวในการทำมาสะอาดฆ่าเชื้อโรคบริเวณผิวหนัง แต่อาจใช้ในการฆ่าเชื้อโรคทั่วไป และการแช่น้ำยา เพื่อลดการปนเปื้อนวัสดุที่ไม่ใช่โลหะ เนื่องจากคลอรีนมีสภาพความเป็นต่างสูงจึงมีฤทธิ์ในการกัดกร่อนโลหะได้

ไม่ควรเก็บสารเคมีชนิดนี้ในภาชนะเปิด หรือในที่ที่มีอุณหภูมิสูง เนื่องจากสารเคมีจะมีการปล่อยก๊าซคลอรีนออกมา ซึ่งมีความเป็นพิษสูง จึงควรใช้ในที่ที่มีอากาศถ่ายเทดีเท่านั้น และไม่ควรผสมกับกรดเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซคลอรีน และเนื่องจากสารคลอรีนเป็นอันตรายทั้งมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงควรใช้น้ำยาฆ่าเชื้อโรคที่มีส่วนประกอบของสารคลอรีนเท่าที่จำเป็น โดยเฉพาะการใช้สารคลอรีนที่อยู่ในน้ำยาฟอกผ้าขาวควรหลีกเลี่ยง

ข้อดี คือ ราคาถูก สามารถฆ่าเชื้อได้ดีขึ้นกับความเข้มข้นของสาร จึงเป็นทั้ง antiseptic และ disinfectant (ความเข้มข้นจะต้องเป็นเปอร์เซ็นต์ของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ หรือ ppm ของ available chlorine โดย 1% NaOCl = 10,000 ppm available chlorine) ความเข้มข้น 0.10-0.25 ppm จะสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียส่วนใหญ่ได้ภายใน 15-30 วินาที สามารถฆ่าเชื้อไวรัสได้ แต่ไม่สามารถฆ่าสปอร์ได้ ที่ความเข้มข้น 5,000 – 10,000 ppm สามารถฆ่า lipid virus ได้ถึง 100% นอกจากนี้สามารถใช้ในการทำลายเชื้อในเครื่องมือที่ผ่านการใช้กับผู้ป่วยภายหลังทำความสะอาดและทำให้แห้งแล้ว ใช้เวลา 30 นาที สำหรับที่ความเข้มข้น 100 – 1,000 ppm สามารถใช้ทำความสะอาดพื้นผิวต่างๆ ไป

ข้อเสีย คือ เป็นสารเคมีที่ไม่คงตัวทั้งในรูปของ liquid form และ solid form ดังนั้นต้องผสมน้ำยาใช้ใหม่ทุกวันมีกลิ่นฉุนมีฤทธิ์กัดกร่อนโลหะระคายเคืองเนื้อเยื่อผิวหนังและระบบทางเดินหายใจดังนั้นในการเตรียมและการใช้งานต้องสวมถุงมือ หน้ากากอนามัย แว่นตาป้องกันและเสื้อคลุม สารเคมีนี้จะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อสัมผัสกับสารอินทรีย์ เช่น เลือด น้ำเหลือง น้ำหนอง จึงควรทำความสะอาดเครื่องมือก่อนฆ่าเชื้อ

นอกจากนี้เมื่อทำปฏิกิริยากับฟอร์มาลดีไฮด์จะให้สารก่อมะเร็ง และสามารถทำลายสภาพผ้าพลาสติกได้ทำให้เกิดการแพ้ได้

ตารางที่ 11.1 ตัวอย่างการเจือจางโซเดียมไฮโปคลอไรท์

ความเข้มข้นที่ระบุ	อัตราส่วนการเจือจาง	ความเข้มข้นของคลอรีน (ppm.)	การใช้งาน
5.25 – 6.25%	ไม่เจือจาง	52,500 – 62,500	ลดการปนเปื้อนกรณีสารชีวภาพหกหล่น
	1:10 (0.5%)	5,250 – 6,250	การทำความสะอาดทั่วไป
	1:100 (0.05%)	525 – 625	
	1:1,000 (0.005%)	52.5 – 62.5	

## 2. คลอรีนไดออกไซด์ (Chlorine dioxide)

คลอรีนไดออกไซด์ ( $\text{ClO}_2$ ) อยู่ในสถานะก๊าซควบแน่นที่อุณหภูมิ 11 องศาเซลเซียส เป็นสารเคมีที่จัดเป็น high-level disinfectant มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคที่แรง รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ การฆ่าเชื้อโรคด้วยก๊าซคลอรีน หรือเรียกว่า คลอรีเนชัน (Chlorination) เป็นวิธีที่แพร่หลายมากกว่าวิธีอื่น เพราะมีประสิทธิภาพดี ควบคุมระบบง่าย

คลอรีนไดออกไซด์ ฆ่าเชื้อโรคโดยการทำลายเอนไซม์ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการเจริญเติบโตของเซลล์สิ่งมีชีวิต โดยมีคุณสมบัติเป็นสารออกซิไดซิงจึงทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบของเซลล์จุลชีพโดยการดึงอิเล็กตรอนออกมาทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ขาดเสถียรภาพและทำให้เซลล์แตกในที่สุด  $\text{ClO}_2$  ยังสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนของเซลล์ได้หลายชนิดทำให้ยากต่อการที่จุลชีพจะเกิดการกลายพันธุ์แล้วอยู่ในรูปที่ต้านทานต่อ  $\text{ClO}_2$  ได้ นอกจากนี้  $\text{ClO}_2$  ยังสามารถฆ่าแบคทีเรียที่อยู่ในรูป endospore ได้ โดย  $\text{ClO}_2$  สามารถซึมผ่านส่วนห่อหุ้มสปอร์เข้าไปทำลายส่วนประกอบภายในได้

$\text{ClO}_2$  ถึงแม้จะมีคลอรีน (Cl) เป็นส่วนประกอบ แต่คุณสมบัติกลับแตกต่างจาก Cl เนื่องจาก  $\text{ClO}_2$  ไม่ทำปฏิกิริยากับสารประกอบ เช่น แอมโมเนีย หรือสารประกอบอินทรีย์ ทำให้ไม่ก่อสารประกอบอินทรีย์ข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ของคลอรีน (chlorinated organic compounds) ซึ่งสารเหล่านี้มักเป็นสารก่อมะเร็งที่รุนแรงชนิดหนึ่ง และเนื่องจากก๊าซคลอรีนไดออกไซด์มีค่า oxidation/reduction potential ต่ำกว่าสารฆ่าเชื้อชนิดอื่นๆ เช่น โอโซน ( $\text{O}_3$ ) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือโซเดียมไฮโปคลอไรท์มีฤทธิ์กัดกร่อนวัสดุน้อยกว่า จึงปลอดภัยเมื่อใช้งานในห้องที่มีอุปกรณ์หรือเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

## 3. โซเดียมไดคลอโรไอโซไซยานูเรท (Sodium dichloroisocyanurate)

โซเดียมไดคลอโรไอโซไซยานูเรท (NaDCC) เป็นสารประกอบคลอรีนที่พัฒนาล่าสุด ให้มีความคงตัวสูง เก็บรักษานาน สามารถละลายน้ำได้อย่างรวดเร็ว และไม่มีตะกอนหลงเหลือ มี pH ที่เหมาะสม 6.4-6.8 ทั้งในรูปของผงแห้ง เกล็ด และเม็ด ประกอบด้วยคลอรีน 60% NaDCC หลังจากละลายน้ำแล้ว จะแตกตัวให้

hypochlorous acid และ cyanuric Acid (ที่ช่วยทำให้ HOCl มีความคงตัวในน้ำเพิ่มขึ้น) ไม่มีผลกระทบต่อค่า pH ของน้ำ สามารถออกฤทธิ์ได้ดีแม้แต่น้ำที่มี pH 8-9 มักเตรียมสารละลายโดยใช้ผงของ NaDCC 1.7 กรัม/ลิตร และ 8.5 กรัม/ลิตร เพื่อให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายของคลอรีนในสารละลายเป็น 1 กรัม/ลิตร และ 5 กรัม/ลิตร ตามลำดับ ส่วนในรูปเม็ดประกอบด้วยคลอรีน 1.5 กรัม/เม็ด ควรใช้ 1 หรือ 4 เม็ด ละลายในน้ำ 1 ลิตร ได้ความเข้มข้นสุดท้าย เป็น 1 กรัม/ลิตร และ 5 กรัม/ลิตร ตามลำดับ

NaDCC อยู่ในรูปผงแป้ง หรือ เม็ดทำให้เก็บรักษาได้ง่ายและปลอดภัย สามารถออกฤทธิ์ได้ดีกว่าคลอรีนชนิดไฮโปคลอไรท์ 2-10 เท่า จึงใช้น้อยแต่สามารถฆ่าเชื้อได้ดี สามารถสลายตัวได้เร็ว และมีฤทธิ์กัดกร่อนน้อยกว่าคลอรีนชนิดอื่น สารละลายนี้สามารถใช้งานทำความสะอาดฆ่าเชื้อโรค กรณีการเกิดการหกกระเด็นของเลือด และของเหลวปนเปื้อนสารชีวภาพอันตรายอื่น โดยต้องทิ้งให้น้ำยาทำงานอย่างน้อย 10 นาที ก่อนเช็ดทำความสะอาด

#### 4. คลอรามิน (Chloramines)

สารคลอรามิน ( $\text{NH}_2\text{Cl}$ ) ส่วนใหญ่อยู่รูปผงแป้งประกอบด้วยคลอรีน 25% สารคลอรามินมีอัตราการปล่อยก๊าซคลอรีนช้ากว่าไฮโปคลอไรท์ ดังนั้นจึงต้องใช้ความเข้มข้นสูงกว่าเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพเท่ากับไฮโปคลอไรท์ แต่สารประกอบอินทรีย์ไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของสารละลายคลอรามิน ความเข้มข้นที่ควรใช้สำหรับการฆ่าเชื้อโรคทั้งสถานการณ์ที่สะอาดและสกปรกคือ 20 กรัม/ลิตร

สารละลายคลอรามินเป็นสารที่ไม่สีไม่มีกลิ่น แต่อย่างไรก็ตามหลังจากการแช่วัตถุเพื่อลดการปนเปื้อนในน้ำยาฆ่าเชื้อโรคประเภทนี้ ต้องล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง เนื่องจากมักมีคราบลักษณะคล้ายผงแป้งหลงเหลืออยู่ซึ่งผงแป้งที่พบ คือโซเดียมโทซิลคลอราไมด์

#### 5. ฟอรัลมาลดีไฮด์ (Formaldehyde)

ฟอรัลมาลดีไฮด์ ( $\text{HCHO}$ ) เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิด รวมทั้งสปอร์ ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส แต่ไม่สามารถทำลาย prion ได้ จัดเป็น high-level disinfectant ที่ทำปฏิกิริยาก่อนข้างช้าและต้องการความชื้น 70% ในการทำปฏิกิริยา

มีขายในท้องตลาดในรูปแบบเกล็ดและเม็ดของสารพาราฟอรัลมาลดีไฮด์ (paraformaldehyde) หรือ ฟอรัลมาลีน ซึ่งเป็นสารละลายก๊าซ 37% ในน้ำ สารเคมีทั้งสองชนิดเมื่อได้รับความร้อนจะปล่อยก๊าซฟอรัลมาลดีไฮด์ออกมา ซึ่งสามารถใช้ในการลดการปนเปื้อนหรือฆ่าเชื้อโรคในที่ที่เป็นระบบปิด เช่น ห้อง หรือตู้ชีวนิรภัย นอกจากนี้สารละลาย 5% ของฟอรัลมาลีนในน้ำ สามารถใช้เป็นน้ำยาฆ่าเชื้อโรคได้ มีประสิทธิภาพดี แต่เป็นสารก่อมะเร็งในคน

สารฟอรัลมาลดีไฮด์อาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ จึงจัดเป็นสารเคมีที่มีอันตรายเป็นก๊าซที่มีกลิ่นเหม็นสามารถทำให้เกิดการระคายเคืองทั้งตาและเยื่อหู ดังนั้นจึงควรจัดเก็บและใช้ในตัวตู้ดูดควัน หรือในพื้นที่ที่มีระบบถ่ายเทอากาศที่ดี



## 6. กลูตาราลดีไฮด์ (Glutaraldehyde)

กลูตาราลดีไฮด์ ( $\text{OHC}(\text{CH}_2)_3\text{CHO}$ ) เป็นสารเคมีที่มีความสามารถในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เชื้อมัยโคแบคทีเรีย สปอร์ เชื้อรา ไวรัสชนิด lipid และชนิด non-lipid ได้ ความเข้มข้นมากกว่าหรือเท่ากับ 2% จัดเป็น high-level disinfectant ไม่ทำให้โลหะสึกกร่อน และมีความสามารถในการทำปฏิกิริยาได้เร็วกว่าสารฟอร์มาลดีไฮด์มีฤทธิ์ฆ่าสปอร์มากกว่าฟอร์มาลดีไฮด์ 2-8 เท่า แต่มีข้อจำกัด คือต้องใช้เวลาในการฆ่าสปอร์นานกว่า สามารถทำลาย vegetative cell ของแบคทีเรียได้ภายใน 5 นาที ฆ่าไวรัสตับอักเสบบและเอชไอวี ได้ภายใน 15-30 นาที การฆ่าเชื้อวัณโรคจะฆ่าได้ช้าและมีฤทธิ์ฆ่าวัณโรคได้น้อยกว่าฟอร์มาลดีไฮด์ไอโอไดน์และแอลกอฮอล์ ใช้ กลูตาราลดีไฮด์ 2% เป็นเวลา 3-10 ชั่วโมง สำหรับการทำให้ปราศจากเชื้อ (sterilization) และใช้กลูตาราลดีไฮด์ 2% เป็นเวลา 10-30 นาที สำหรับการทำลายเชื้อ (disinfection) มีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อแบคทีเรียทุกชนิด เชื้อรา และไวรัส

โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปสารละลายที่มีความเข้มข้น 20 กรัม/ลิตร และบางผลิตภัณฑ์ต้องเติมสารประกอบไบคาร์บอเนตก่อนการใช้งาน และสามารถเก็บไว้ใช้งานหลังจากนั้นได้ประมาณ 1-4 สัปดาห์ ขึ้นกับลักษณะการใช้งาน และควรเลิกใช้เมื่อสารละลายมีลักษณะขุ่น

กลูตาราลดีไฮด์ เป็นสารเคมีที่มีความเป็นพิษ สามารถทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและเยื่อจมูก ตา และทางเดินหายใจส่วนต้น ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสโดยตรงกับสาร ควรจัดเก็บและใช้ในตู้ดูดควัน หรือในพื้นที่ที่มีระบบการถ่ายเทอากาศที่ดี และไม่ควรใช้เป็นน้ำยาฆ่าเชื้อสำหรับสเปรย์ทำความสะอาดลดการปนเปื้อนพื้นผิวของสิ่งแวดล้อม ไม่ทำลายเนื้อพลาสติกและเลนส์มีฤทธิ์กัดกร่อนโลหะต่ำ จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการทำวัตถุที่ไม่สามารถทนความร้อนได้ปลอดเชื้อฤทธิ์อาจถูกยับยั้งเมื่อมีสิ่งสกปรกปะปนอยู่มาก

ข้อเสีย คือ มีราคาแพง มีกลิ่นฉุนระคายเคือง ก่อนแช่น้ำยาต้องล้างสารอินทรีย์ออกให้หมด หลังแช่น้ำยาต้องล้างออกให้หมดด้วยน้ำกลั่น และเช็ดให้แห้งต้องระมัดระวังเรื่องวันหมดอายุ ต้องสวมถุงมือ หน้ากากอนามัยทุกครั้งที่ใช้ น้ำยานี้ บริเวณที่ใช้ต้องมีอากาศถ่ายเทสะดวก เพราะเป็นสารเคมีที่ระเหยได้น้ำยาจะมีประสิทธิภาพอยู่ได้ประมาณ 28 วัน

## 6. สารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียม (Quaternary ammonium compounds)

เป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติฆ่าเชื้อแบคทีเรีย และไวรัสชนิด lipid ได้ แต่ไม่สามารถฆ่าสปอร์ เชื้อมัยโคแบคทีเรีย และไวรัสตับอักเสบบได้ จึงจัดเป็น low-level disinfectant แต่สามารถใช้เป็นสาร antiseptic ได้ เช่น เบนзалโคเนียม

มีคุณสมบัติในการลดแรงตึงผิว ช่วยในการทำสะอาด มีอันตรายต่อผู้ใช้น้อย ไม่ระคายเคืองผิวหนัง และไม่มีฤทธิ์กัดกร่อนพื้นผิว ไม่สามารถนำมาใช้ฆ่าเชื้อเครื่องมือ แต่สามารถใช้ทำความสะอาดพื้นผิวภายนอกใช้เวลา 10 นาที

ความสามารถในการฆ่าเชื้อของสารประกอบชนิดนี้จะลดลงเมื่อทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ น้ำ และ anionic detergents ดังนั้นในขั้นตอนการฆ่าเชื้อด้วยสารเคมีชนิดนี้ จึงควรต้องล้างทำความสะอาดเบื้องต้นก่อนสารมีความคงตัวเมื่อเจือจางจึงไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนทิ้งทุกวัน อาจทำให้เกิดสารตกค้างซึ่งไม่ย่อยสลายโดยธรรมชาติ

สารประกอบควอเทอนารีแอมโมเนียมหลายชนิดใช้เป็นส่วนผสมร่วมกับสารเคมีฆ่าเชื้อโรคชนิดอื่น เช่น แอลกอฮอล์ คือ ควอเทอนารีแอมโมเนียมคอมพาวนด์ผสมแอลกอฮอล์ หรือ ควอแอลกอฮอล์ (quaternary ammonium compounds-alcohol) เป็นน้ำยาฆ่าเชื้อชนิดใหม่ ซึ่งนำข้อดีของน้ำยาในกลุ่มแอลกอฮอล์มาลดข้อด้อยของน้ำยาในกลุ่มควอเทอนารีแอมโมเนียม ทำให้มีคุณสมบัติที่ดี คือ สามารถฆ่าเชื้อได้รวดเร็วและหลายชนิด สามารถฆ่าเชื้อมัคโคแบคทีเรีย และไวรัสตับอักเสบบีได้ ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อลดลงจากเดิมครึ่งหนึ่ง ไม่มีสารตกค้างที่พื้นผิว เมื่อเจือจางแล้วไม่ระคายเคืองผิวหนังและเนื้อเยื่อ ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ไม่มีฤทธิ์กัดกร่อนทุกพื้นผิว เช่น โลหะ แก้ว พลาสติก ไม่มีกลิ่นเหม็น ประสิทธิภาพไม่ลดลงเมื่อสัมผัสกับสารอินทรีย์ มีความคงตัวแม้อยู่ในสภาวะที่เป็นกรดหรือด่าง ไม่มีผลกระทบต่อระบบบำบัดน้ำเสีย และไม่ก่อให้เกิดสารตกค้างที่ไม่ย่อยสลายในสิ่งแวดล้อม

ในกรณีที่มีผสมแอลกอฮอล์มากกว่า 40 % โดยมีปริมาณควอเทอนารีแอมโมเนียมมากกว่า 0.20 % แต่ไม่มากกว่า 0.30 % สามารถฆ่าเชื้อไวรัสโรคได้ จึงจัดเป็น intermediated-level disinfectant

## 8. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $H_2O_2$ )

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $H_2O_2$ ) และเปอร์าซิด (peracids) มีคุณสมบัติเป็นสารออกซิแดนท์ที่มีความแรงมาก และมีประสิทธิภาพในการฆ่าจุลชีพได้หลายชนิด จัดเป็น high-level disinfectant ที่มีความปลอดภัยทั้งต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีทั้งที่อยู่ในรูปพร้อมใช้งาน คือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3% และสารละลายด้วยน้ำสะอาด (sterilized water) ในอัตราส่วน 1:5-1:10

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถใช้ลดการปนเปื้อนพื้นที่ปฏิบัติงาน เช่น โต๊ะปฏิบัติการ ตู้ชีวนิรภัย นอกจากนี้สารละลายที่มีความเข้มข้นสูง สามารถใช้ในการฆ่าเชื้อโรคสำหรับเครื่องมือทางการแพทย์หรือทางทันตกรรมที่ไม่ทนต่อความร้อน ไอของสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถใช้ในการฆ่าเชื้อโรคเครื่องมือผ่าตัดที่ไม่ทนต่อความร้อนได้เช่นกัน

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และเปอร์าซิดมีฤทธิ์ในการกัดกร่อนโลหะ เช่น อลูมิเนียม ทองแดง ทองเหลือง และสังกะสี สามารถขจัดสีจากเสื้อผ้า เส้นผม ผิวหนังและเยื่อหูได้ ควรจัดเก็บสารชนิดนี้ให้ห่างจากความร้อนและแสงสว่าง

## 9. ไอโอดีน และ ไอโอดิฟอร์ม (Iodine and Iodophors)

จัดเป็นสารเคมีที่ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อระดับต่ำถึงปานกลาง (low level – intermediated level disinfectant) ถ้าอยู่ในรูปทิงเจอร์จะเป็น low-level disinfectant แต่ถ้าอยู่ในรูปโพลีโวน-ไอโอดีน (povidone-iodine) จะเป็น intermediated-level disinfectant สามารถฆ่าจุลชีพได้หลายชนิดรวมทั้ง

มัคโคแบคทีเรีย ออกฤทธิ์ในการฆ่าจุลชีพโดย free iodine ผ่านผนังเซลล์ไปทำลายโปรตีนและทำลาย ขบวนการสร้าง กรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ของจุลชีพอย่างรวดเร็ว ประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อขึ้นอยู่กับ ปริมาณ free iodine ซึ่งเกิดจากการเจือจางน้ำยาอย่างถูกต้องตามข้อกำหนดของบริษัทผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด การทำงานของสารชนิดนี้เหมือนกับการทำงานของสารคลอรีน ถึงแม้ว่าอาจถูกยับยั้งโดยสารอินทรีย์ได้น้อยกว่า โดยทั่วไปไม่นิยมใช้ไอโอดีนในการฆ่าเชื้อโรค เนื่องจากเป็นสารที่สามารถทำให้เปราะเปื้อนเสื้อผ้า และ สิ่งแวดล้อมได้ อย่างไรก็ตามไอโอดีนฟออร์ และทิงเจอร์ไอโอดีน จัดเป็นสารที่มีประสิทธิภาพสำหรับการยับยั้ง เชื้อ โดยใช้ทำความสะอาดบริเวณผิวหนังได้เป็นอย่างดี (antiseptic) ใช้ฆ่าเชื้อบนพื้นผิว วัสดุพื้นพิมพ์ปาก หรือ ฟันปลอม และใช้เป็นน้ำยาแช่เครื่องมือก่อนล้าง ต้องใช้เวลาสัมผัสน้ำยาอย่างน้อย 10 นาที จึงจะมี ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อสารอินทรีย์จะทำให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อลดลง มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนพื้นผิว โลหะ และติดสี เกิดสารตกค้างหากใช้เป็นเวลานาน

การเตรียมน้ำยาต้องใช้ความระมัดระวังในการเจือจาง หากเป็นน้ำกระด้างน้ำยาจะหมดประสิทธิภาพ ภาชนะ ที่บรรจุต้องป้องกันแสงมีฝาปิดสนิท อายุการใช้งานในภาชนะที่เปิดใช้บ่อยไม่ควรใช้เกิน 7 วัน ในกรณีใช้เพื่อ ฆ่าเชื้อมัคโคแบคทีเรียต้องผสมน้ำยาใหม่ทุกวัน เนื่องจากประสิทธิภาพจะลดลงหลังจากผสมแล้ว 24 ชั่วโมง

ผลิตภัณฑ์ที่มีสารไอโอดีนเป็นส่วนประกอบพื้นฐานควรจัดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส เพื่อหลีกเลี่ยงการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

## 10. แอลกอฮอล์ (Alcohols)

เอทานอล (ethyl alcohol;  $C_2H_5OH$ ) และ ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (isopropyl alcohol;  $(CH_3)_2CHOH$ ) เป็นสารที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคเหมือนกัน ต่างกันที่ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ มีฤทธิ์ใน การฆ่าเชื้อโรคได้สูงกว่าเอทานอล แต่ระเหยช้ากว่าทำให้ผิวแห้งและระคายเคืองผิวมากกว่า ทั้งสองชนิด จัดเป็น intermediate level disinfectant โดยสามารถทำลายแบคทีเรีย รา มัคโคแบคทีเรีย และไวรัสชนิด lipid แต่ไม่สามารถทำลายสปอร์และจุลชีพกลุ่มไวรัสชนิด non-lipid และสปอร์ของแบคทีเรีย เนื่องจาก ระเหยเร็ว ทำให้มีประสิทธิภาพที่จำกัด แอลกอฮอล์ออกฤทธิ์โดยการตกตะกอนโปรตีนและละลายไขมันที่เยื่อ หุ้มเซลล์ ความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพในการทำละลายได้สูงสุด คือ แอลกอฮอล์ 70% โดยละลายในน้ำ เพราะมี ปริมาณแอลกอฮอล์น้อยที่สุดที่จะได้ผลดีที่สุด และมีปริมาณน้ำที่พอเหมาะที่จะทำให้ผิวหนังเปียกได้ดี ช่วยให้ แอลกอฮอล์แทรกซึมกระจายตัวได้ดีและระเหยช้าไม่เป็นอันตรายต่อผิวหนังมาก ถ้าความเข้มข้นมากกว่า 80% ขึ้นไปประสิทธิภาพจะลดลง

เมื่อผสมสารชนิดอื่นกับสารละลายแอลกอฮอล์จะเพิ่มประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรค ตัวอย่างเช่น ส่วนผสมของ แอลกอฮอล์ 70% กับฟอर्मาลดีไฮด์ 100 กรัม/ลิตร และแอลกอฮอล์ 70% กับ คลอรีน 2 กรัม/ลิตร สารละลายแอลกอฮอล์ 70% สามารถใช้กับผิวหนัง จึงจัดเป็น antiseptic ด้วย นอกจากนี้สามารถใช้กับพื้นผิวโต๊ะปฏิบัติการและตู้ชีวนิรภัย แช่ฆ่าเชื้อเครื่องมือตัดชิ้นเล็กมักนิยมใช้เป็นส่วนผสมของครีมบำรุง ผิวและใช้ทำความสะอาดมือในกรณีที่ไม่สามารถล้างมือได้ ไม่เหลือสิ่งตกค้างหลังปฏิกิริยา สามารถทำให้ พลาสติก ยาง ขุ่นหรือเสื่อมสภาพ ดังนั้นจึงไม่ควรใช้เช็ดหรือแช่เครื่องมือที่มีส่วนประกอบของยาง พลาสติก

เครื่องมือที่ประกอบด้วยเลนส์ เพราะจะทำลายกาวยืดเลนส์ ถ้าแช่เครื่องมือโลหะไว้เกิน 8 ชั่วโมง ต้องเติมโซเดียมไนไตรท์ 0.2-0.4 % เพื่อป้องกันสนิม และใช้ร่วมกับสารฆ่าเชื้ออื่นเช่น เซฟลอนกับแอลกอฮอล์ 70% ในอัตราส่วน 1:30 สามารถใช้ในการแช่เครื่องมือกรณีที่ต้องการฆ่าเชื้อแบบแรงดัน 2-5 นาที

**ข้อเสีย** คือ ประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อสัมผัสสารอินทรีย์ เนื่องจากแอลกอฮอล์ไม่ละลายโปรตีนในเลือดหรือน้ำลาย

แอลกอฮอล์มีคุณสมบัติเป็นสารระเหยและไวไฟ จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้ใกล้เปลวไฟ จัดเก็บในที่เหมาะสม ภาชนะปิดมิดชิด และควรติดฉลากให้ชัดเจน อายุการใช้งานถ้าผสมเป็นแอลกอฮอล์ 70% บรรจุในภาชนะปิดมิดชิดไม่ได้เปิดใช้จะมีอายุนาน ถ้าเปิดใช้บ่อยไม่ควรใช้เกิน 7 วัน และควรเปลี่ยนน้ำยาทุกครั้งเมื่อช้อนหากเปิดใช้งานแอลกอฮอล์ 70% ที่เก็บในภาชนะปิดสนิทปริมาณไม่เกิน 60 มิลลิลิตร และปริมาณไม่เกิน 250 มิลลิลิตร สามารถเก็บไว้ได้นาน 24 วันและ 49 วัน ตามลำดับ

### การเตรียมน้ำยาฆ่าเชื้อ

ใช้สูตรการเตรียมสารเคมีทั่วไป คือ

$$M1V1 = M2V2$$

- เมื่อ M1 = ความเข้มข้นของสารตั้งต้น (% ที่ระบุข้างขวด)  
V1 = ปริมาตรของน้ำยาที่จะดูมาจากขวดตั้งต้น (ml)  
M2 = ความเข้มข้นที่ต้องการใช้ในการฆ่าเชื้อ  
V2 = ปริมาตรที่ต้องการใช้ (ml)

### ตัวอย่างการเตรียมน้ำยาฆ่าเชื้อ

เมื่อต้องการเตรียมแอลกอฮอล์ 70% ปริมาตร 1 ลิตร จากภาชนะบรรจุซึ่งมีความเข้มข้น 95% จะต้องทำอย่างไร?

1. ดูความเข้มข้นตั้งต้นของแอลกอฮอล์ข้างภาชนะบรรจุที่มาจากโรงงานผู้ผลิต ว่ามีส่วนประกอบของแอลกอฮอล์ เท่าไหร่

ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ ที่ระบุบนภาชนะบรรจุจากโรงงาน คือ 95% (95 ดีกรี)

จากสูตร  $M1V1 = M2V2$

$$V1 = M2V2 / M1$$

เมื่อ M1 = 95% (ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ตั้งต้น ที่ระบุข้างภาชนะ)

M2 = 70% (ความเข้มข้นที่ต้องการใช้ในการฆ่าเชื้อ)

V2 = 1 ลิตร (ปริมาตรที่ต้องการใช้)

$$V1 = (70\%)(1,000) / (95\%)$$

$$= 736.8 \text{ มิลลิลิตร}$$

2. ตวงแอลกอฮอล์ 95% ปริมาตร 736.8 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร





## บทที่ 12

### การขนส่งสารชีวภาพอันตราย (Infectious Substances Transportation)

การขนส่งสารชีวภาพอันตราย ซึ่งรวมถึงจุลชีพก่อโรค และสารชีวภาพอื่น เช่น วัตถุตัวอย่างที่คาดว่าจะมีการปนเปื้อนด้วยจุลชีพก่อโรคหรือสารชีวภาพอันตรายเป็นกระบวนการที่สำคัญ ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งสารชีวภาพภายในหน่วยงาน หรือการขนส่งไปยังหน่วยงานอื่นภายในประเทศ หรือต่างประเทศ เพราะความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการขนส่งสารชีวภาพอาจก่อให้เกิดการรั่วไหลของสารชีวภาพอันตรายสู่สิ่งแวดล้อมจนเป็นสาเหตุการระบาดของโรคได้

การบรรจุหีบห่อเพื่อการขนส่งสารชีวภาพติดเชื้อ (Infectious Substances) ตามข้อกำหนดขององค์การสหประชาชาติ (UN regulation) คือ การบรรจุในพัสดุภัณฑ์สามชั้น (triple packaging system) ดังนั้นการขนส่งสารชีวภาพอันตรายจึงใช้หลักการการบรรจุในภาชนะ 3 ชั้นเช่นกันไม่ว่าจะเป็นการขนส่งภายในหน่วยงาน หรือการขนส่งออกนอกหน่วยงาน แต่อาจปรับเปลี่ยนภาชนะทั้ง 3 ชั้นให้มีความเหมาะสมและตรงกับข้อกำหนดของหน่วยงานหรือองค์กร เช่น การส่งทางทางไปรษณีย์จะต้องปฏิบัติตามข้อตกลงของสหพันธ์ไปรษณีย์นานาชาติว่าด้วย Non-infectious and infectious perishable biological substances การขนส่งทางอากาศต้องปฏิบัติตามระเบียบขององค์การการบินระหว่างประเทศ (International Air Transport Association; IATA)

#### การขนส่งสารชีวภาพอันตรายภายในหน่วยงาน

1. การบรรจุ ต้องบรรจุในภาชนะบรรจุ หรือบรรจุภัณฑ์ 3 ชั้น ซึ่งมีคุณสมบัติอย่างน้อยดังนี้

1.1 ภาชนะชั้นใน ต้องมีความคงทนไม่แตกง่าย กันน้ำและของเหลวซึมผ่าน รวมทั้งป้องกันสารที่เป็นของแข็งที่เป็นผงละเอียดไม่ให้หลุดลอดได้ เช่น หลอดหรือขวดที่ทำด้วยแก้ว พลาสติก หรือโลหะ ปากหลอดหรือขวดต้องเชื่อมปิดสนิทหรือมีฝาปิดสนิท ด้านนอกของภาชนะปิดฉลากแสดงรายละเอียดตัวอย่าง เช่น ชื่อ-สกุล เลขประจำตัวผู้ป่วย เลขที่ตัวอย่าง วันที่เก็บตัวอย่าง หรือชื่อวิทยาศาสตร์ของจุลชีพ เป็นต้น

1.2 ภาชนะชั้นกลาง ต้องมีความคงทนไม่แตกง่าย และสามารถป้องกันน้ำและของเหลวซึมผ่านได้ เช่น ถูพลาสติกหุ้มห่อ หรือกล่องพลาสติกที่มีฝาปิดสนิท

- กรณีสารชีวภาพที่ส่งเป็นของเหลว ต้องมีวัสดุดูดซับของเหลวพันรอบภาชนะชั้นใน หรือใส่วัสดุดูดซับในระหว่างภาชนะชั้นในและชั้นกลาง วัสดุดูดซับของเหลวที่ใช้ต้องมีเพียงพอที่จะสามารถดูดซับของเหลวจากภาชนะชั้นในทั้งหมดได้หากภาชนะชั้นในแตกหรือรั่ว

- กรณีภาชนะชั้นในเป็นหลอดแก้ว และมีจำนวนมากกว่า 1 หลอด ใส่ในภาชนะชั้นกลางเดียวกัน ควรมีฐานช่องวางหลอดภาชนะชั้นแรก (rack) หรือพื้นหลอดแก้ว ภาชนะชั้นในด้วยวัสดุกันกระแทกเพื่อป้องกันการแตกหักจากการกระทบกระเทือนระหว่างหลอดแก้ว ก่อนบรรจุในภาชนะชั้นกลาง
- กรณีขนส่งแผ่นแก้วสไลด์ตัวอย่าง ภาชนะชั้นกลางต้องเป็นชนิดที่มีความคงทนต่อการเจาะทะลุที่มั่วหยังได้ด้วย

**1.3 ภาชนะชั้นนอก** ต้องทำด้วยวัสดุที่คงทนแข็งแรงต่อการกระทบกระเทือน มีฝาปิดสนิทมิดชิดและสามารถป้องกันการรั่วไหลของของเหลว หากการขนส่งสารชีวภาพต้องมีการควบคุมอุณหภูมิทำให้ใช้วัสดุควบคุมความเย็นที่เหมาะสม ด้านนอกภาชนะต้องติดเครื่องหมายชีวภัยสากล

**2. การขนส่ง** หากขนส่งโดยใช้รถเข็น ต้องขนส่งโดยใช้รถเข็นที่จัดไว้เฉพาะสำหรับการขนส่งสารชีวภาพอันตราย รถเข็นควรทำจากวัสดุที่สามารถทำความสะอาดฆ่าเชื้อด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อได้ง่าย มีฉากหรือที่กันรอบด้านเพื่อป้องกันการลื่นหล่นของสารชีวภาพระหว่างการขนส่ง

### 3. การดำเนินการอื่นที่จำเป็น ดังนี้

**3.1 การแนบเอกสาร** การขนส่งจุลชีพก่อโรค ควรแนบเอกสารข้อมูลที่จำเป็น เช่น ข้อมูลความปลอดภัยของเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ ไปกับบรรจุภัณฑ์หรือผู้นำส่งเป็นผู้ถือเอกสารนำไปให้ผู้รับ

**3.2 การนัดหมายในการรับสารชีวภาพ** ต้องมีการนัดหมายการขนส่งล่วงหน้าระหว่างผู้ส่งและผู้รับ ถึงรายละเอียดของตัวอย่างที่ขนส่ง ชื่อผู้นำส่ง ชื่อผู้รับ หมายเลขโทรศัพท์ที่ติดต่อได้ เวลาที่นำส่งสถานที่ที่นำส่ง และมีการติดตามหลังการขนส่ง เพื่อให้แน่ใจว่าผู้รับได้รับสารชีวภาพเรียบร้อย ในสภาพที่เหมาะสม

**3.3 การส่งมอบบรรจุภัณฑ์** ผู้ส่งต้องส่งสารชีวภาพให้กับผู้รับในสถานที่ และบริเวณที่กำหนดให้เป็นที่ยอมรับบรรจุภัณฑ์เท่านั้น ห้ามวางบรรจุภัณฑ์ทิ้งไว้โดยไม่มีผู้ดูแล หรือส่งมอบให้กับบุคคลอื่นที่ไม่ใช่ผู้รับหรือผู้แทนที่ได้รับมอบหมาย

## การขนส่งสารชีวภาพอันตรายระหว่างหน่วยงาน

การขนส่งสารชีวภาพอันตรายต้องดำเนินการให้เกิดความปลอดภัยทั้งต่อผู้ขนส่ง วัตถุตัวอย่าง สารชีวภาพ ผู้รับ และสิ่งแวดล้อม และต้องรักษาสภาพของสารชีวภาพให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม ทั้งนี้การขนส่งต้องเป็นไปตามเงื่อนไขของการขนส่งแต่ละประเภท ได้แก่ การขนส่งทางอากาศ การขนส่งทางไปรษณีย์ หรือการขนส่งทางบก

### 1. การบรรจุ ต้องบรรจุในภาชนะบรรจุ หรือบรรจุภัณฑ์ 3 ชั้น ซึ่งมีคุณสมบัติอย่างน้อย ดังนี้

**1.1 ภาชนะชั้นใน** ต้องมีความคงทนไม่แตกง่าย กันน้ำและของเหลวซึมผ่าน รวมทั้งป้องกันการสารที่เป็นของแข็งที่เป็นผงละเอียดไม่ให้หลุดลอดได้ เช่น หลอดหรือขวดที่ทำด้วยแก้ว พลาสติก หรือโลหะ

ปากหลอดหรือขวดต้องเชื่อมปิดสนิทหรือมีฝาปิดสนิท ด้านนอกของภาชนะปิดฉลากแสดงรายละเอียด ตัวอย่าง เช่น ชื่อ-สกุล เลขประจำตัวผู้ป่วย เลขที่ตัวอย่าง วันที่เก็บตัวอย่าง หรือชื่อวิทยาศาสตร์ของจุลชีพ เป็นต้น

**1.2 ภาชนะชั้นกลาง** ต้องมีความคงทนไม่แตกง่ายสามารถป้องกันน้ำและของเหลวซึมผ่านได้ เช่น ถังพลาสติกซีปล็อก หรือกล่องพลาสติกฝาปิดสนิท

- กรณีส่งวัสดุสารชีวภาพที่เป็นของเหลว ต้องมีวัสดุดูดซับของเหลวพันรอบภาชนะชั้นในหรือใส่วัสดุดูดซับในระหว่างภาชนะชั้นในและชั้นกลาง วัสดุดูดซับของเหลวที่ใช้ต้องมีเพียงพอที่จะสามารถดูดซับของเหลวจากภาชนะชั้นในทั้งหมดได้หากภาชนะชั้นในแตกหรือรั่ว
- กรณีมีการขนส่งวัสดุสารชีวภาพในภาชนะชั้นในที่เป็นหลอดแก้วมากกว่า 1 หลอด ใส่รวมในภาชนะชั้นกลางเดียวกัน ควรมีฐานช่องวางหลอดภาชนะชั้นแรก (rack) หรือ พันหลอดแก้วภาชนะชั้นในด้วยวัสดุกันกระแทกเพื่อป้องกันการแตกหักจากการกระทบกระแทกระหว่างหลอดแก้ว ก่อนบรรจุในภาชนะชั้นกลาง
- กรณีการขนส่งแผ่นแก้วสไลด์ ภาชนะชั้นกลางต้องเป็นชนิดที่มีความคงทนต่อการเจาะทะลุที่มแรงได้ด้วย

**1.3 ภาชนะชั้นนอก** ต้องทำด้วยวัสดุที่คงทนแข็งแรงต่อการกระทบกระเทือน มีฝาปิดสนิท ปิดชิดและป้องกันการรั่วไหลของของเหลว หากการขนส่งสารชีวภาพต้องมีการควบคุมอุณหภูมิทำให้ใช้วัสดุควบคุมความเย็นที่เหมาะสม ด้านนอกภาชนะติดป้ายสัญลักษณ์ชีวภัยสากล

## 2. การดำเนินการอื่นที่จำเป็น ดังนี้

**2.1 การแนบเอกสาร** การขนส่งจุลชีพก่อโรค ควรแนบเอกสารข้อมูลที่จำเป็น เช่น ข้อมูลความปลอดภัยของเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ ไปกับบรรจุภัณฑ์ หรือส่งเอกสารโดยตรงถึงผู้รับ

**2.2 การนัดหมายในการรับสารชีวภาพ** ต้องมีการนัดหมายการขนส่งล่วงหน้าระหว่างผู้ส่งและผู้รับ ถึงรายละเอียดของตัวอย่างที่ขนส่ง ชื่อผู้นำส่ง ชื่อผู้รับ หมายเลขโทรศัพท์ที่ติดต่อได้ เวลาที่นำส่งสถานที่ที่นำส่ง และมีการติดตามหลังการขนส่งว่าผู้รับได้รับบรรจุภัณฑ์ครบถูกต้อง

## การขนส่งสารชีวภาพอันตรายไปต่างประเทศ

การขนส่งสารชีวภาพอันตรายไปต่างประเทศทางอากาศต้องปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติขององค์การการบินระหว่างประเทศ (International Air Transport Association; IATA) ซึ่งแบ่งชนิดของการขนส่งสารชีวภาพ ดังนี้



1. การขนส่งวัตถุติดเชื้อ (Infectious substances) ซึ่งเป็นวัตถุที่สามารถก่อให้เกิดโรค ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการตาย ความพิการ หรือความเจ็บป่วยรุนแรงต่อผู้สัมผัสได้ ได้แก่จุลชีพก่อโรคอันตราย ที่มีรายชื่อระบุในกลุ่ม Category A ใน Dangerous Goods Regulation (DGR) กำหนดให้ต้องทำการส่งแบบ BIOLOGICAL, Category A ซึ่งแยกเป็น 2 ประเภท คือ UN2814 สำหรับจุลชีพก่อโรคได้ในคนและสัตว์ และ UN2900 สำหรับจุลชีพก่อโรคในสัตว์เท่านั้น

2. การขนส่งวัตถุติดเชื้อหรือตัวอย่างสิ่งส่งตรวจจากผู้ป่วยที่คาดว่าจะมีการติดเชื้อก่อโรค ที่เกิดจากจุลชีพที่ไม่มีรายชื่อระบุในกลุ่ม BIOLOGICAL Category A ใน Dangerous Goods Regulation (DGR) เป็นกลุ่ม Category B ทั้งที่เป็นตัวอย่างสิ่งส่งตรวจที่มีการตรวจยืนยันแล้วและยังไม่ได้ตรวจยืนยัน กำหนดให้ต้องทำการส่งแบบ BIOLOGICAL SUBSTANCES, CATEGORY B และติดฉลากข้างกล่องว่า UN 3373

การขนส่งสารชีวภาพทางอากาศจะต้องใช้บรรจุภัณฑ์ 3 ชั้น (triple packaging) ที่ตรงตามประเภทของการขนส่ง และบรรจุภัณฑ์นั้นจะต้องผ่านการทดสอบเกณฑ์มาตรฐานจากองค์การสหประชาชาติ และต้องมีการเตรียมเอกสารในการส่งวัตถุตัวอย่างตามวิธีที่ IATA กำหนดอย่างเคร่งครัด



## บทที่ 13

### การจัดการขยะติดเชื้อ (Infectious Waste Management)

ขั้นตอนหลักในการจัดการของเสียชีวภาพหรือเรียกว่าขยะติดเชื้อประกอบด้วยการคัดแยก การจัดเก็บรวบรวม การขนส่ง และการกำจัด โดยของเสียจากห้องปฏิบัติการมีทั้งที่เป็นของเสียทั่วไปและของเสียอันตราย ซึ่งต้องมีการคัดแยกออกจากกันสามารถจำแนกประเภทของขยะหรือของเสียได้ ดังนี้

**1. ขยะทั่วไป (General waste)** หมายถึง ขยะหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากสำนักงาน ห้องพักเจ้าหน้าที่ หรือบริเวณพื้นที่สาธารณะ ไม่ใช่ขยะที่ออกจากห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพทั้งงานตรวจวิเคราะห์และงานวิจัย และไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก เช่น เศษอาหาร น้ำ เครื่องดื่ม รวมถึงใบไม้

**2. ขยะติดเชื้อ (Infectious waste)** หมายถึง มูลฝอยที่มีจุลชีพก่อโรคปะปนอยู่ในปริมาณหรือความเข้มข้นซึ่งสามารถทำให้ผู้สัมผัสหรือใกล้ชิดเกิดโรคได้เป็นขยะที่ออกจากห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพขยะที่เกิดขึ้นหรือใช้ในกระบวนการตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์และการรักษาพยาบาล การให้ภูมิคุ้มกันโรค และการทดลองเกี่ยวกับโรค และการตรวจชันสูตรศพหรือซากสัตว์ รวมทั้งในการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวให้ถือว่าเป็นขยะติดเชื้อ ได้แก่

2.1 ซากหรือชิ้นส่วนของมนุษย์หรือสัตว์ที่เป็นผลมาจากการผ่าตัด การตรวจชันสูตรศพหรือซากสัตว์ และการใช้สัตว์ทดลอง

2.2 วัสดุของมีคม เช่น เข็ม ใบมีด กระบอกฉีดยา หลอดแก้ว ภาชนะที่ทำด้วยแก้วหรือพลาสติก สไลด์ ไปแทปและแผ่นกระจกปิดสไลด์

2.3 วัสดุซึ่งสัมผัสหรือสงสัยว่าจะสัมผัสกับเลือด ส่วนประกอบของเลือด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเลือด สารน้ำจากร่างกายของมนุษย์หรือสัตว์ จุลชีพ หรือวัคซีนที่ทำจากเชื้อโรคที่มีชีวิต เช่น สำลี ผ้าก๊อซ ผ้า และท่อยาง เป็นต้น

2.4 ขยะที่เกิดจากกระบวนการในห้องปฏิบัติการเช่น การเพาะบ่มเลี้ยงเชื้อ การทดลองโดยใช้เทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรมของจุลชีพ เป็นต้น

2.5 ขยะทุกชนิดที่มาจากห้องรักษาผู้ป่วยติดเชื้อ

**3. ขยะมีพิษหรือของเสียอันตราย (Hazardous waste)** หมายถึง ขยะทางการแพทย์ที่มีพิษ อาจก่อให้เกิดอันตรายกับมนุษย์ สภาพแวดล้อม มีวิธีการทำลายเป็นพิเศษ เช่น

3.1 ขยะอันตราย ได้แก่ หลอดไฟ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ กระป๋องสเปรย์ หมึกพิมพ์ ปากกาเมจิก เป็นต้น

3.2 ขยะจำพวกสารเคมี ได้แก่ ขวดยาต้านจุลชีพ ขวดบรรจุน้ำยา/สารเคมี น้ำยาและสารเคมีจากห้องปฏิบัติการ เป็นต้น

**4. ขยะรีไซเคิล (Recycle waste)** หมายถึง ขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้/ จำหน่ายได้ เช่น กระดาษ กระป๋องน้ำอัดลม กล่องบรรจุวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการปนเปื้อนเชื้อโรค

ในคู่มือนี้จะกล่าวเฉพาะการจัดการของเสียชีวภาพหรือขยะติดเชื้อเท่านั้น

การจัดการขยะติดเชื้อ มีกฎหมายหลายฉบับที่เกี่ยวข้องซึ่งต้องนำมาใช้ในการกำหนดแนวทางการปฏิบัติ กฎหมายที่สำคัญ ได้แก่

1. พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)
2. พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 (กระทรวงสาธารณสุข)
3. พระราชบัญญัติการรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535 (กระทรวงมหาดไทย)
4. พระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2542 (สำนักนายกรัฐมนตรี)

กฎหมายที่มีรายละเอียดเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อมากที่สุด คือ พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ซึ่งมีกระทรวงสาธารณสุขเป็นเจ้าภาพหลักในการดูแล และได้มีการออกประกาศกฎกระทรวง และประกาศกระทรวงออกมาใช้จนถึงปัจจุบัน (ศึกษาเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์ของศูนย์บริหารกฎหมายสาธารณสุข กรมอนามัย [www.laws.anamai.moph.go.th](http://www.laws.anamai.moph.go.th)) ตัวอย่างกฎหมายที่กระทรวงสาธารณสุขประกาศบังคับใช้ ได้แก่

1. พระราชบัญญัติการสาธารณสุข (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550
2. กฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2545
3. ประกาศกระทรวง เรื่อง กำหนดลักษณะของบริเวณที่พักภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2548
4. ประกาศกระทรวง เรื่อง หลักสูตรการฝึกอบรมการป้องกันและระงับการแพร่เชื้อหรืออันตรายที่เกิดจากมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2548
5. ประกาศกระทรวง เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีตรวจสอบมาตรฐานทางชีวภาพในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2546
6. ประกาศกระทรวง เรื่อง ดราหรือสัญลักษณ์สำหรับพิมพ์บนภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2546
7. ประกาศกระทรวง เรื่อง กำหนดลักษณะของห้องรักษาผู้ติดเชื้อร้ายแรง พ.ศ. 2548
8. ประกาศกระทรวง เรื่อง กำหนดลักษณะและเงื่อนไขห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย พ.ศ. 2548
9. ประกาศกระทรวง เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และเงื่อนไขว่าด้วยการขนและกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในท้องที่เทศบาลตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบล พ.ศ. 2558

## ขยะติดเชื้อจากห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ

ขยะติดเชื้อจากห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพต้องใช้ความระมัดระวังในการจัดการมากกว่าขยะมูลฝอยชุมชนทั่วไปหากมีการจัดการไม่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลในขั้นตอนของการเก็บรวบรวมการเคลื่อนย้ายการขนและการกำจัด จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงานอาจเสี่ยงต่อการเกิดโรคจากขยะติดเชื้อ นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมได้ สิ่งในห้องปฏิบัติการต้องคำนึงก่อนจะนำขยะติดเชื้อออกจากห้องปฏิบัติการประกอบด้วย ดังนี้

1. ขยะติดเชื้อเหล่านั้นผ่านการทำลายเชื้ออย่างเหมาะสมและถูกต้องหรือไม่
2. หากไม่ได้รับการทำลายเชื้อในห้องปฏิบัติการก่อนนำออกมา ได้มีการบรรจุในภาชนะที่ป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อได้ดีหรือไม่ขณะมีการเคลื่อนย้ายหรือวางพักไว้ในสถานที่พักขยะ
3. มีการป้องกันไม่ให้ผู้ที่ไม่มีหน้าที่หรือไม่ใช่ผู้เกี่ยวข้องเข้าถึงขยะติดเชื้อนี้หรือไม่

## ขั้นตอนในการจัดการขยะติดเชื้อแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

1. การเก็บรวบรวม
2. การเคลื่อนย้าย
3. การขนส่ง
4. การกำจัด

### การเก็บรวบรวม

การรวบรวมและจัดเก็บขยะติดเชื้อที่เกิดจากกิจกรรมภายในห้องปฏิบัติการต้องมีการคัดแยกประเภทและจัดเก็บในภาชนะบรรจุที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการจัดเก็บและการนำไปกำจัด การเก็บขยะติดเชื้อต้องเก็บ ณ แหล่งกำเนิดขยะติดเชื้อและทิ้งลงในภาชนะสำหรับบรรจุขยะติดเชื้อ ดังนี้

**1. ขยะติดเชื้อประเภทวัสดุของมีคม** ต้องทิ้งลงกล่องหรือถังที่ทำจากวัสดุแข็งแรงทนทานต่อการแทงทะลุการกัดกร่อนของสารเคมีและสามารถป้องกันการรั่วไหลของของเหลวภายในได้ โดยต้องบรรจุขยะติดเชื้อไม่เกิน 3 ใน 4 ส่วนของความจุภาชนะแล้วปิดฝาให้แน่นบรรจุในถุงขยะติดเชื้อ (biohazard bag) มัดปากถุงให้เรียบร้อยก่อนนำไปกำจัด

**2. ขยะติดเชื้ออื่น** ซึ่งมีใช้ประเภทวัสดุของมีคมให้ทิ้งลงในถังขยะที่มีฝาปิดมิดชิดชนิดที่ใช้เท้าเหยียบเปิดปิดฝาหรือเปิดปิดโดยใช้สัญญาณตรวจจับ (sensor) ภายในถังขยะรองรับด้วยถุงขยะติดเชื้อสีแดง ทึบแสงทนทานต่อสารเคมีและการรับน้ำหนักไม่ฉีกขาดง่ายป้องกันน้ำได้ไม่รั่วซึมและควรบรรจุขยะเพียง 2 ใน 3 ส่วนของความจุของถุงการเก็บขยะทำโดยมีตรวจปากถุงแดงให้แน่นข้างถุงแดงมีข้อความสีดำว่า “มูลฝอยติดเชื้อ” อยู่ภายใต้รูปหัวกะโหลกไขว่กับตราหรือสัญลักษณ์ที่ใช้ระหว่างประเทศตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษาและต้องมีข้อความว่า “ห้ามนำกลับมาใช้อีก” และ “ห้ามเปิด” พร้อมระบุชื่อหน่วยงานไว้ที่ถุงแดง ตามกฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2545 สำหรับตราสัญลักษณ์หรือสัญลักษณ์ที่ใช้ระหว่างประเทศ โปรดดูรายละเอียดในบทที่ 3 สัญลักษณ์และป้ายเตือนที่เกี่ยวข้องกับ



ความปลอดภัย โดยสัญลักษณ์ต้องมีสีไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ตราสัญลักษณ์หรือสัญลักษณ์สำหรับพิมพ์บนภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2546 ก่อนทำการเคลื่อนย้ายขยะมูลฝอยติดเชื้อออกจากห้องปฏิบัติการถ้าเป็นขยะจากตัวอย่างจากผู้ป่วยหรือจุลชีพก่อโรคความเสี่ยงสูงให้ทำการฆ่าเชื้อเบื้องต้นโดยการนึ่งทำลายเชื้อด้วยเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูงหากเป็นขยะที่เกิดจากจุลชีพก่อโรคหรือสารชีวภาพที่มีความเสี่ยงต่ำและปานกลาง ให้ใช้น้ำยาฆ่าเชื้อที่มีฤทธิ์ทำลายจุลชีพก่อโรคนั้นได้เช็ดโดยรอบถุงให้ทั่ว



รูปที่ 13.1 ตัวอย่างถุงขยะมูลฝอยติดเชื้อ

ที่มา: <http://env.anamai.moph.go.th/download/download/pdf/2557>

## การเคลื่อนย้าย

การเคลื่อนย้ายขยะติดเชื้อออกจากห้องปฏิบัติการไปยังสถานที่พักเก็บขยะมูลฝอยก่อนส่งไปทำลายหรือเคลื่อนย้ายขยะไปยังสถานที่ทำลายขยะ ให้วางขยะมูลฝอยติดเชื้อในภาชนะรองรับที่มีฝาปิดมิดชิดง่ายต่อการฆ่าเชื้อ และล้างทำความสะอาด เพื่อป้องกันการหกหล่น ร่วงตกของขยะระหว่างการเคลื่อนย้าย เช่น ถังสแตนเลส เป็นต้น และต้องดำเนินการให้ถูกสัญลักษณ์ ดังนี้

### 1. ผู้ปฏิบัติงาน

1.1 ผู้ปฏิบัติงานต้องผ่านการฝึกอบรมการป้องกันและระงับการแพร่เชื้อหรืออันตรายที่อาจเกิดจากมูลฝอยติดเชื้อ

1.2 ผู้ปฏิบัติงานต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลได้แก่ถุงมือยางอย่างหนา ผ่ากันเปื้อน ผ่าปิดปากและจมูก และรองเท้าพื้นยางหุ้มแข้งตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน

### 2. วิธีการเคลื่อนย้าย

2.1 ต้องทำตามตารางเวลาที่กำหนดของหน่วยงาน

2.2 ต้องเคลื่อนย้ายโดยใช้รถเข็นเฉพาะสำหรับเคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุขยะติดเชื้อ

2.3 ต้องมีเส้นทางเคลื่อนย้ายที่แน่นอนและในระหว่างการเคลื่อนย้ายไปที่พักรวมขยะติดเชื้อ ห้ามแวะหรือหยุดพัก ณ ที่ใด

2.4 ต้องกระทำโดยระมัดระวังห้ามโยน หรือลากภาชนะสำหรับบรรจุขยะติดเชื้อ

2.5 กรณีที่มีขยะติดเชื้อตกหล่นหรือภาชนะบรรจุแตกหักระหว่างทาง ห้ามหยิบด้วยมือเปล่า ต้องใช้คีมหรือหยิบด้วยถุงมืออย่างหนา หากเป็นของเหลวให้ซับด้วยกระดาษโดยหมุนเป็นวงกลมจากด้านนอกสู่ด้านในและทิ้งกระดาษนั้นในถุงขยะติดเชื้อหรือภาชนะบรรจุขยะติดเชื้อใบใหม่และทำความสะอาดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อที่บริเวณพื้นนั้นก่อนเช็ดถู โปรดดูรายละเอียดการจัดการสารชีวภาพหกหล่นในบทที่ 15 การเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับภาวะฉุกเฉิน

### 3. ลักษณะของรถเข็นสำหรับเคลื่อนย้ายขยะติดเชื้อ

3.1 ทำด้วยวัสดุที่ทำความสะอาดได้ง่าย ไม่มีแฉกมุมอันจะเป็นแหล่งหมักหมมของเชื้อโรคและสามารถทำความสะอาดด้วยน้ำได้

3.2 มีพื้นและผนังทึบเมื่อจัดวางภาชนะบรรจุขยะติดเชื้อแล้วต้องปิดฝาให้แน่นเพื่อป้องกันสัตว์และแมลงเข้าไป

3.3 มีข้อความสีแดงที่มีขนาดสามารถมองเห็นชัดเจนอย่างน้อยสองด้านว่า “รถเข็นขยะติดเชื้อห้ามนำไปใช้ในกิจการอื่น”

3.4 ต้องมีอุปกรณ์หรือเครื่องมือสำหรับใช้เก็บขยะติดเชื้อที่ตกหล่นระหว่างการเคลื่อนย้าย อุปกรณ์หรือเครื่องมือสำหรับใช้ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อบริเวณที่มูลฝอยติดเชื้อตกหล่นตลอดเวลาที่ทำการเคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุขยะติดเชื้อ

### 4. ลักษณะของที่พักรวมขยะติดเชื้อ

4.1 มีลักษณะไม่แพร่เชื้อและอยู่ในที่ที่สะดวกต่อการขนขยะติดเชื้อไปกำจัด

4.2 มีขนาดกว้างเพียงพอที่จะเก็บกักภาชนะบรรจุขยะติดเชื้อได้อย่างน้อยสองวัน

4.3 พื้นและผนังต้องเรียบทำความสะอาดได้ง่าย

4.4 มีรางหรือท่อระบายน้ำทิ้งเชื่อมต่อกับระบบบำบัดน้ำเสีย

4.5 มีลักษณะโปร่งไม่อับชื้น

4.6 มีการป้องกันสัตว์และแมลงเข้าไป มีประตูกว้างพอสมควรตามขนาดของห้องหรืออาคาร เพื่อสะดวกต่อการปฏิบัติงานและปิดด้วยกุญแจหรือปิดด้วยวิธีอื่นที่บุคคลทั่วไปไม่สามารถที่จะเข้าไปได้

4.7 มีข้อความเป็นคำเตือนที่มีขนาดสามารถเห็นได้ชัดเจนว่า “ที่พักรวมขยะติดเชื้อ” ไว้ที่หน้าห้องหรือหน้าอาคาร

4.8 มีลานสำหรับล้างรถเข็นอยู่ใกล้ที่พักรวมขยะติดเชื้อและลานนั้นต้องมีรางหรือท่อรวบรวมน้ำเสียจากการล้างรถเข็นเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย

ในกรณีที่พักเก็บภาชนะบรรจุขยะติดเชื้อไว้เกิน 7 วัน ที่พักรวมขยะติดเชื้อตามลักษณะข้างต้นได้ แต่ควรควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 10 องศาเซลเซียส และต้องจัดให้มีบริเวณที่พักภาชนะบรรจุขยะติดเชื้อไว้เป็นการเฉพาะ

## การขนส่ง

ในที่นี้หมายถึงการนำขยะติดเชื้อจากที่พักรวมขยะติดเชื้อไปยังสถานที่กำจัดขยะติดเชื้อ

### 1. การขนขยะติดเชื้อ ต้องดำเนินการให้ถูกสุขลักษณะ ดังนี้

1.1 ผู้ขับขี่และผู้ปฏิบัติงานประจำยานพาหนะต้องมีความรู้เกี่ยวกับขยะติดเชื้อโดยผ่านการฝึกอบรมการป้องกันและระงับการแพร่เชื้อหรืออันตรายที่อาจเกิดจากขยะติดเชื้อ

1.2 ต้องมีเครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมสำหรับผู้ขับขี่และผู้ปฏิบัติงานประจำยานพาหนะขนขยะติดเชื้ออุปกรณ์หรือเครื่องมือสำหรับป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดจากการตกหล่นหรือการรั่วไหลของขยะติดเชื้ออุปกรณ์หรือเครื่องมือป้องกันอัคคีภัย และอุปกรณ์หรือเครื่องมือสื่อสารสำหรับใช้ติดต่อแจ้งเหตุอยู่ในยานพาหนะขนขยะติดเชื้อตลอดเวลาที่ทำการขนขยะติดเชื้อ

1.3 ผู้ขับขี่ยานพาหนะขนขยะติดเชื้อและผู้ปฏิบัติงานประจำยานพาหนะขนขยะติดเชื้อต้องระมัดระวังมิให้ขยะติดเชื้อและภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อตกหล่นในระหว่างการเดินทาง

1.4 ห้ามยานพาหนะขนขยะติดเชื้อไปใช้ในกิจการอย่างอื่นและให้ทำความสะอาดและฆ่าเชื้ออย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง ยกเว้น กรณีภาชนะบรรจุขยะติดเชื้อแตกหรือมีการรั่วไหลต้องทำความสะอาดทันทีที่สามารถจะทำได้

### 2. ยานพาหนะขนขยะติดเชื้อ ต้องมีลักษณะ ดังนี้

2.1 ตัวถังปิดทึบผนังด้านในต้องบุด้วยวัสดุที่ทนทานทำความสะอาดได้ง่าย ไม่รั่วซึม

2.2 ในกรณีที่เป็ยานพาหนะสำหรับใช้ขนขยะติดเชื้อจากที่พักรวมขยะติดเชื้อที่เก็บไว้นานกว่า 7 วัน ภายในตัวถังของยานพาหนะนั้นต้องสามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 10 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่านั้นได้และจะต้องติดเครื่องเทอร์โมมิเตอร์ที่สามารถอ่านค่าอุณหภูมิภายในตัวถังไว้ด้วย

2.3 มีข้อความสีแดงที่มีขนาดสามารถมองเห็นได้ชัดเจนปิดไว้ที่ภายนอกตัวถังด้านข้างทั้งสองด้านว่า “ใช้เฉพาะขนขยะติดเชื้อ”

## การกำจัด

เป็นการจัดการเพื่อทำลายเชื้อที่มีอยู่ในขยะซึ่งการพิจารณาเลือกวิธีกำจัดนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของเทคโนโลยีที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อมและความสอดคล้องกับข้อจำกัดทางด้านงบประมาณความถูกต้องตามหลักวิชาการก่อนที่จะนำไปทำลายด้วยวิธีการเช่นเดียวกับขยะทั่วไปวิธีการกำจัดขยะติดเชื้อ 2 ขั้นตอน คือ

### 1. การทำลายเชื้อ

เป็นการทำลายเชื้อให้หมดไปก่อนจะส่งไปกำจัดต่อไป สามารถดำเนินการได้ ดังนี้

1.1 การเผาโดยใช้เตาเผาการทำลายเชื้อด้วยการเผาเป็นวิธีที่สามารถทำลายเชื้อโรคได้มากที่สุดการกำจัดขยะติดเชื้อโดยการเผาใช้เตาเผาขยะติดเชื้อและห้องเผาควันการเผาขยะติดเชื้อใช้อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 760 องศาเซลเซียส และในการเผาควันใช้อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 1,000 องศาเซลเซียส และต้องมีการควบคุมมาตรฐานอากาศเสียที่ปล่อยออกจากเตาเผาผลจากการเผาจะทำให้มีเถ้าตกค้างซึ่งจะนำไปกำจัดโดยใช้วิธีการเดียวกับขยะชุมชน

1.2 การอบด้วยไอน้ำหรือการนึ่งโดยใช้เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง (autoclave) สามารถทำลายเชื้อโรคได้ปริมาณของมูลฝอยคงเหลือเท่าเดิมหรือมากขึ้นเนื่องจากความชื้นจากไอน้ำที่ใช้ในการอบ การกำจัดขยะติดเชื้อด้วยวิธีการทำลายเชื้อด้วยไอน้ำหรือวิธีอื่นจะต้องดำเนินการให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานทางชีวภาพโดยมีประสิทธิภาพที่สามารถทำลายเชื้อแบคทีเรียเชื้อราไวรัส และปรสิตในมูลฝอยติดเชื้อได้หมด

## 2. การกำจัด

หลังจากการกำจัดขยะติดเชื้อด้วยวิธีการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง ต้องมีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำให้ปราศจากเชื้อกระบวนการตรวจสอบที่น่าเชื่อถือมากที่สุด และเป็นที่ยอมรับ คือ การทดสอบด้วยตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (biological indicator) หรือ spore test ซึ่งมีการใช้สปอร์ของเชื้อ *Bacillus stearothermophilus* หรือ *Geobacillus stearothermophilus* ทั้งนี้ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด

ในกรณีกำจัดขยะติดเชื้อด้วยการเผา ถ้าที่เหลือสามารถดำเนินการได้เหมือนขยะทั่วไป ส่วนขยะติดเชื้อที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้ออาจส่งออกภายนอกเพื่อไปเผาทำลายหรือกลบฝังในพื้นที่เฉพาะ

ในกรณีที่มีการจัดจ้างหน่วยงานภายนอกในการดำเนินการขนย้ายหรือนำขยะติดเชื้อไปกำจัด ผู้ว่าจ้างต้องมั่นใจว่าหน่วยงานภายนอกที่มารับช่วงไปนั้นมีการควบคุมและการจัดการที่มั่นใจได้ว่าจะไม่มีการรั่วไหลของขยะติดเชื้อจนอาจเกิดการแพร่กระจายของเชื้อที่อยู่ในขยะดังกล่าวรวมถึงสอดคล้องกับกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับขยะติดเชื้อ ได้แก่ พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 กฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2545 ซึ่งออกตามความพระราชบัญญัติการสาธารณสุข (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ซึ่งพอสรุปเป็นหัวข้อที่ใช้เป็นเกณฑ์พิจารณาคัดเลือกผู้รับช่วงจัดการขยะดังกล่าว ดังนี้

1. คุณสมบัติของผู้รับช่วง เช่น ได้รับอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นให้ดำเนินการ
2. วิธีการดำเนินการที่เป็นไปตามกฎหมาย โดยเฉพาะในกระบวนการในการกำจัดที่เกี่ยวข้องของบริษัทที่รับช่วงไป เช่น

- 2.1 คุณลักษณะของผู้ปฏิบัติงานในแต่ละงานที่เกี่ยวข้อง
- 2.2 วัสดุอุปกรณ์ และยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง
- 2.3 วิธีการเคลื่อนย้าย
- 2.4 สถานที่พักขยะติดเชื้อ

3. กระบวนการทำลายหรือกำจัดที่เป็นไปตามกฎหมายซึ่งทำให้มั่นใจว่าจะไม่เกิดแพร่กระจายของเชื้อหรือขยะติดเชื้อออกสู่สาธารณะ





## บทที่ 14

### การเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับภาวะฉุกเฉิน (Emergency Response)

ภาวะฉุกเฉินสามารถเกิดขึ้นได้จากกิจกรรมหรือความเสี่ยงซึ่งอาจแบ่งออกเป็นเหตุการณ์ทางการแพทย์ เช่น หกล้ม อุบัติเหตุ หมดสติ เป็นต้น เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ทั่วไป เช่น ภัยธรรมชาติ ไฟฟ้าดับ น้ำไม่ไหล และเหตุการณ์ที่เกิดจากห้องปฏิบัติการ เช่น การสัมผัสสารชีวภาพการรั่วไหลของสารชีวภาพ เป็นต้น การจัดการความปลอดภัยต้องคำนึงถึงความเสี่ยงการจัดการอุปกรณ์การเตรียมความพร้อมรวมทั้งการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดผลกระทบรุนแรงต่อชุมชนและทรัพย์สินของหน่วยงานดังนั้นจึงต้องจัดทำแผนซึ่งต้องประกอบด้วย 3 ระยะ ดังนี้

**1. ก่อนเกิดเหตุ** ส่วนมากเป็นแผนในการป้องกันไม่ให้เกิดเหตุในกรณีที่สามารถป้องกันได้ เช่น การเกิดอัคคีภัย ในขณะเดียวกันเป็นแผนที่ใช้ในการเตรียมการหรือเฝ้าระวังโดยเฉพาะในกรณีที่เป็นภัยตามธรรมชาติ เช่น น้ำท่วม ดิน/โคลนถล่ม เป็นต้นการเตรียมความพร้อมในระยะนี้ เริ่มตั้งแต่การวางแผนไม่ว่าจะเป็นการมอบหมายตัวบุคคลสำหรับประสานในกรณีที่เกิดเหตุ แผนการดำเนินงานในกรณีที่ไม่สามารถใช้พื้นที่หรือห้องปฏิบัติการต่อได้ การดำเนินการสำรวจหาจุดที่ต้องได้รับการแก้ไขหรือตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในกรณีเกิดเหตุที่เกี่ยวข้อง จัดทำขั้นตอนหรือแนวทางที่ต้องปฏิบัติขณะเกิดเหตุตลอดจนจัดให้มีการซ้อมแผนเพื่อให้เจ้าหน้าที่หรือผู้ปฏิบัติงานได้เคยชินไม่เกิดความตื่นตระหนกเมื่อเกิดเหตุการณ์จริงนอกจากนี้ควรต้องจัดทำแผนเพื่อรองรับกรณีเกิดเหตุการณ์แล้วเพื่อเป็นการเตรียมการและแนวทางดำเนินการต่อไป

**2. ขณะเกิดเหตุ** เป็นการดำเนินการตอบโต้เหตุการณ์ตามแผนที่สร้างไว้ในระยะก่อนเกิดเหตุ

**3. หลังเกิดเหตุ** เป็นการดำเนินการเพื่อตรวจสอบความเสียหายรวมถึงการเฝ้าระวังผลที่อาจเกิดขึ้นตามมาหลังเกิดเหตุ และเตรียมการสำหรับการฟื้นฟู

นอกจากนี้หน่วยงานควรจัดให้มีแบบบันทึกรายงานเหตุฉุกเฉินเพื่อเป็นหลักฐานและวิเคราะห์หาแนวทางป้องกันในภาพรวมซึ่งแบบรายงานควรประกอบไปด้วยอย่างน้อยดังนี้

- วัน เวลาที่เกิดเหตุ
- สถานที่เกิดเหตุ
- ลักษณะเหตุที่เกิด
- การแก้ไขที่ดำเนินการไป
- การป้องกันไม่ให้เกิดซ้ำ

อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าการดำเนินการก่อนเกิดเหตุมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้น ควรต้องทราบบรายละเอียดการดำเนินการในระยะนี้

## การดำเนินการในระยะก่อนเกิดเหตุ มีดังนี้

### 1. การบริหารความเสี่ยง

**1.1 มีการชี้บ่งอันตราย** ที่อาจเกิดขึ้นจากเหตุฉุกเฉินต่างๆ โดยการสำรวจอันตรายทางกายภาพอันตรายจากสารเคมีวัตถุ และเครื่องมือหรืออุปกรณ์แต่ละประเภทที่ใช้

**1.2 มีการประเมินความเสี่ยง** ในระดับบุคคลและห้องปฏิบัติการครอบคลุมหัวข้อสารเคมีและสารชีวภาพที่ใช้ผลกระทบด้านสุขภาพจากการทำงานเส้นทางการสัมผัส (exposure route) พื้นที่ในการทำงาน/กายภาพเครื่องมือที่ใช้สิ่งแวดล้อมในสถานที่ทำงานระบบไฟฟ้าในที่ทำงานกิจกรรมที่ทำในห้องปฏิบัติการ

**1.3 มีการลดความเสี่ยง** โดยมีมาตรการหรือบังคับใช้กฎระเบียบที่เกี่ยวข้องอย่างเคร่งครัด

**1.4 มีการสื่อสารความเสี่ยง** ด้วยการแนะนำ การพูดคุยการติดป้ายเตือนและคู่มือ

**1.5 เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการต้องได้รับการตรวจสอบสุขภาพ** เมื่อถึงกำหนดการตรวจสอบสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงของผู้ปฏิบัติงานหรือเมื่อพบว่ามีอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นจากการทำงานกับสารเคมีหรือสารชีวภาพวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือในห้องปฏิบัติการหรือเมื่อเผชิญกับเหตุการณ์สารเคมีหรือสารชีวภาพหกรั่วไหล

**1.6 มีการประเมินผลและวางแผนการดำเนินงาน** เพื่อปรับปรุงการบริหารความเสี่ยง

### 2. การจัดเตรียมอุปกรณ์

แนวทางปฏิบัติในการจัดการอุปกรณ์เพื่อตอบโต้ภาวะฉุกเฉินมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**2.1 จัดเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการเพื่อรองรับเหตุฉุกเฉิน** ที่อาจเกิดขึ้น เช่น มีที่ล้างตาและชุดฝักบัว ฉุกเฉินที่ได้มาตรฐานและอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล อุปกรณ์ดับเพลิง เป็นต้น

**2.2 จัดหาเวชภัณฑ์สำหรับรองรับเหตุฉุกเฉิน** ต้องวางในบริเวณที่สามารถเข้าถึงได้ทันทีเมื่อเกิดเหตุได้แก่

- ยาสามัญประจำบ้าน
- อุปกรณ์ที่ใช้ปฐมพยาบาล ประกอบด้วย
  - ชุดยาปฐมพยาบาลเบื้องต้น เช่น น้ำยาล้างแผล ยาใส่แผลสด ยาแก้ปวด ยาทาบรรเทาอาการจากแผลไฟไหม้ หรือน้ำร้อนลวก
  - อุปกรณ์การปฐมพยาบาล เช่น ผ้าพันแผลที่ผ่านการฆ่าเชื้อ กรรไกร สำลี เข็มกลัด แก้วล้างตา พลาสเตอร์ ผ้ายัด เป็นต้น
  - คู่มือการใช้ยาชนิดต่างๆ

### 3. การเตรียมความพร้อม

แนวปฏิบัติในการเตรียมความพร้อมและตอบโต้ภาวะฉุกเฉินมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.1 การป้องกันภาวะฉุกเฉิน

- 3.1.1 หัวหน้าห้องปฏิบัติการเป็นผู้รับผิดชอบในการดำเนินการหากเกิดภาวะฉุกเฉิน
- 3.1.2 มีอุปกรณ์ที่พร้อมรับมือกับภาวะฉุกเฉิน
- 3.1.3 มีการซ้อมรับมือเหตุฉุกเฉินอย่างน้อยปีละครั้งเพื่อให้บุคลากรและผู้เกี่ยวข้อง ทราบว่าต้องดำเนินการอย่างไรเมื่อเกิดเหตุ
- 3.1.4 ตรวจสอบเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับรับมือภาวะฉุกเฉินอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้พร้อมใช้งาน เช่น การทดสอบที่ล้างตา ฝึกบัวฉุกเฉิน การตรวจสอบและทดแทนเวชภัณฑ์สำหรับรับมือเหตุฉุกเฉิน
- 3.1.5 ตรวจสอบพื้นที่และสถานที่เพื่อพร้อมรับมือภาวะฉุกเฉินสม่ำเสมอ เช่น จุกรวมพล บันไดและเส้นทางหนีไฟ
- 3.1.6 เตรียมการจัดการเบื้องต้นเพื่อป้องกันพร้อมรับและตอบโต้เหตุฉุกเฉิน (สารเคมีหรือสารชีวภาพหกรั่วไหล น้ำท่วม อัคคีภัย) เช่น
  - การเตรียมอุปกรณ์ทำความสะอาดโดยจัดวาง ณ ตำแหน่งที่เข้าถึงได้ง่ายเมื่อเกิดเหตุ
  - การเตรียมชุดอุปกรณ์เก็บกู้สารเคมีหรือสารชีวภาพใช้ในห้องปฏิบัติการและพร้อมใช้งาน
  - มีการตรวจสอบอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในภาวะฉุกเฉินเป็นประจำตามช่วงระยะเวลาที่กำหนดทั้งด้านความพร้อมใช้งานปริมาณและการเข้าถึงได้สะดวก
- 3.1.7 มีระบบการสื่อสารในภาวะฉุกเฉินที่เป็นรูปธรรมในหัวข้อต่อไปนี้
  - การแจ้งเหตุภายในและภายนอกหน่วยงาน
  - การแจ้งเตือน
  - การอพยพ
  - การตรวจสอบอุปกรณ์สื่อสารอย่างสม่ำเสมอตามเวลาที่กำหนดไว้ว่ายังคงใช้งานได้
  - การตรวจสอบหมายเลขโทรศัพท์และติดไว้ในบริเวณที่เห็นได้ชัดเจน

#### 3.2 การใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล

ควรใช้อุปกรณ์ป้องกันตามชนิดหรือประเภทของการปฏิบัติงานตามชนิดและปริมาณของสารเคมีหรือสารชีวภาพที่ใช้ในห้องปฏิบัติการอุปกรณ์เหล่านี้ได้แก่อุปกรณ์ป้องกันหน้า (face protection) อุปกรณ์ป้องกันตา (eye protection) อุปกรณ์ป้องกันมือ (hand protection) อุปกรณ์ป้องกันเท้า (foot protection) อุปกรณ์ป้องกันร่างกาย (body protection) อุปกรณ์ป้องกันการได้ยิน (hearing protection) อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ (respiratory protection)



การเตรียมการเพื่อรองรับภาวะฉุกเฉินเมื่อเกิดเหตุการณ์ผู้ควบคุมงาน หัวหน้าห้องปฏิบัติการ หรือ ผู้ได้รับมอบหมายต้องไปถึงที่เกิดเหตุทันทีเพื่อควบคุมสถานการณ์และดำเนินการ ดังนี้

- ควบคุมบริเวณที่เกิดเหตุ
- ปฐมพยาบาลเบื้องต้น และเรียกทีมช่วยเหลือ
- ควบคุมอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นอีกครั้ง
- หาสาเหตุและเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- เก็บรักษาหลักฐานที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ เมื่อจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือเคลื่อนย้าย
- รายงานอุบัติเหตุอุบัติภัยที่เกิดขึ้นให้ผู้บังคับบัญชาทราบโดยเร็ว
- มีการสอบสวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อหาสาเหตุ และมาตรการป้องกันการเกิดซ้ำ

ในคู่มือนี้ขอยกตัวอย่างเหตุฉุกเฉินเพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติซึ่งห้องปฏิบัติการสามารถนำไปปรับให้เหมาะสมกับหน่วยงานของตนเองได้ ดังนี้

### วิธีปฏิบัติเมื่อเกิดกรณีฉุกเฉินเหตุเพลิงไหม้

1. ช่วยเหลือผู้ที่ตกอยู่ในอันตรายก่อนโดยตัวเองต้องไม่ตกอยู่ในอันตรายเสียเอง
2. กดปุ่มสัญญาณเตือนภัยที่อยู่บริเวณใกล้เคียงและแจ้งเหตุให้ผู้อยู่ใกล้เคียงทราบ
3. แจ้งเหตุเพลิงไหม้กับหน่วยงานที่รับผิดชอบเพื่อขอความช่วยเหลือ ดังนั้นห้องปฏิบัติการควรมีเบอร์โทรศัพท์ที่สามารถติดต่อหน่วยงานที่รับผิดชอบในพื้นที่ที่ตั้งของห้องปฏิบัติการติดไว้ในที่ที่เห็นได้ชัดเจน
4. แยกส่วนที่เกิดเพลิงไหม้ออกจากส่วนอื่น เช่น โดยการปิดประตู หน้าต่าง
5. หยุดกระบวนการที่อาจก่อให้เกิดอันตรายหรือปิดเครื่องมือที่กำลังทำงานอยู่ หากสามารถดำเนินการได้อย่างปลอดภัย
6. ห้ามดับเพลิงด้วยตนเอง หากไม่มั่นใจว่าสามารถดำเนินการได้อย่างปลอดภัย
7. ในกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้บริเวณกว้างให้อพยพหลบภัยอยู่นอกอาคาร ณ บริเวณจุดรวมพล
8. ในกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ที่เกิดจากสารเคมี ห้ามดับเพลิงด้วยตนเอง ควรรีบแจ้งหน่วยงานที่รับผิดชอบ

## วิธีปฏิบัติเมื่อเกิดกรณีฉุกเฉินจากสารชีวภาพรั่วไหล

อันตรายที่เกิดจากการรั่วไหลของสารชีวภาพติดเชื้อเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับสุขภาพ ซึ่งผู้ประสบเหตุอาจมีการหายใจเอาสารชีวภาพติดเชื้อเข้าสู่ร่างกาย หรือการสัมผัสกับสารชีวภาพติดเชื้อและอาจทำให้เกิดการติดเชื้อเป็นโรค หรือถึงแก่ชีวิตได้ ดังนั้นหากเกิดการรั่วไหลของสารชีวภาพ ผู้ปฏิบัติงานต้องรีบผิชอบทำความสะอาดและป้องกันการแพร่กระจาย โดยปฏิบัติดังนี้

### 1. กรณีสัมผัสสารชีวภาพที่รั่วไหล

- 1) แจ้งเตือนผู้ร่วมงานให้ทราบเพื่อป้องกันการติดต่อและการแพร่กระจายเชื้อ
- 2) ทำความสะอาดร่างกายด้วยสบู่ (ควรใช้สบู่ฆ่าเชื้อโรค) และน้ำ หากกระเด็นเข้าตาให้ใช้น้ำยาล้างตา และหากกระเด็นเข้าปากให้ใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.9 เปอร์เซ็นต์
- 3) รีบให้การช่วยเหลือ ปฐมพยาบาล หรือส่งไปสถานพยาบาลเร่งด่วน (แล้วแต่กรณี)
- 4) แจ้งหัวหน้าห้องปฏิบัติการ และ/หรือผู้ดูแลปฏิบัติการทราบทันทีหรือภายใน 1 ชั่วโมง
- 5) พบแพทย์เพื่อทำการรักษา หรือให้คำปรึกษาต่อไป

### 2. กรณีสารชีวภาพหกหล่นในห้องปฏิบัติการ (Spill decontamination)

ห้องปฏิบัติการต้องจัดเตรียมชุดอุปกรณ์สำหรับกำจัดการปนเปื้อนวัสดุติดเชื้อที่อาจเกิดการหกหล่นไว้พร้อมหยิบใช้ได้สะดวกและทันท่วงที ซึ่งชุดอุปกรณ์ควรประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างน้อย ดังนี้

- น้ำยาฆ่าเชื้อที่เหมาะสมกับชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ในห้องปฏิบัติการ
- วัสดุซับ เช่น กระดาษหรือผ้า
- ภาชนะใส่ของเสีย เช่น ถังใส่ขยะติดเชื้อ
- ภาชนะทิ้งของมีคม
- อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เช่น เสื้อคลุมปฏิบัติการ ถุงมือ อุปกรณ์ป้องกันหน้าและตา
- อุปกรณ์เก็บกวาด เช่น ไม้กวาด ที่ตักผง และปากคีบ

#### 2.1 วัสดุติดเชื้อหกหล่นภายในตู้ชีวนิรภัย

ในกรณีที่มีการหกหล่นของวัสดุติดเชื้อภายในตู้ชีวนิรภัยให้ปฏิบัติ ดังนี้

- 2.1.1 ถอดถุงมือที่กำลังใช้งานทั้งภายในตู้กรณีมีการปนเปื้อนเชื้อ
- 2.1.2 ห้ามปิดสวิตช์ตู้ เพื่อให้ตู้ทำงานอย่างต่อเนื่องในการกรองอากาศภายในตู้ ก่อนปล่อยออกสู่อากาศภายนอกทั้งเมื่อเกิดเหตุและขณะทำความสะอาด
- 2.1.3 สวมเสื้อคลุม แวนตานิรภัย และถุงมือในขณะทำความสะอาด
- 2.1.4 คลุมบริเวณที่วัสดุหกหล่นด้วยวัสดุซับ แล้วราดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ ปล่อยทิ้งไว้อย่างน้อย 10-20 นาที หรือตาม contact time ของน้ำยาฆ่าเชื้อชนิดที่เลือกใช้

- 2.1.5 เช็ดทำความสะอาดด้วยกระดาษซับ
- 2.1.6 เช็ดผนังตู้ พื้นที่ทำงานและอุปกรณ์ภายในตู้ด้วยกระดาษหรือผ้าที่ชุบน้ำยาฆ่าเชื้อ
- 2.1.7 ทิ้งวัสดุปนเปื้อนลงในถุงขยะติดเชื้อและนำไปอบนิ่งฆ่าเชื้อก่อนนำไปทิ้ง
- 2.1.8 วัสดุที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ให้ใส่ในภาชนะที่ทนความร้อนและมีฝาปิดก่อนนำไปอบนิ่งฆ่าเชื้อ
- 2.1.9 วัสดุที่ไม่สามารถอบนิ่งฆ่าเชื้อที่ได้ ให้แช่ในน้ำยาฆ่าเชื้อนานอย่างน้อย 10 นาที หรือตาม contact time ก่อนนำออกจากตู้
- 2.1.10 หลังจากทำความสะอาดเสร็จ ให้ตู้ทำงานต่อไปอีกอย่างน้อย 10 นาที ก่อนจะใช้งานต่อไป
- 2.1.11 รายงานอุบัติการณ์แก่ผู้รับผิดชอบทราบ

## 2.2 วัสดุติดเชื้อหกหล่นภายนอกตู้ชีวนิรภัย

เมื่อเกิดสารชีวภาพหรือจุลชีพหกหล่นในห้องปฏิบัติการ รอยอย่างน้อย 30 นาที เพื่อให้ไม่มีละอองฟุ้งกระจายในอากาศ ก่อนเข้าห้องปฏิบัติการไปดำเนินการจัดการกำจัดและทำความสะอาดถ้ามีการเปื้อนเสื้อผ้าให้นำใส่ลงในถุงขยะติดเชื้อเพื่อนำไปอบนิ่งฆ่าเชื้อก่อนการทำความสะอาดก่อนจัดการกับวัสดุติดเชื้อหกหล่นให้สวมเสื้อคลุมปฏิบัติการ แวนตานิรภัย และถุงมือ และปฏิบัติ ดังนี้

- 2.2.1 แจ้งผู้ร่วมงานทราบและกั้นบริเวณที่มีวัสดุติดเชื้อหกหล่น
- 2.2.2 เก็บวัสดุที่เป็นเศษเครื่องแก้วแตก (ถ้ามี) โดยใช้ปากคีบ ห้ามหยิบวัสดุมีคมที่ติดเชื้อด้วยมือเปล่า ทิ้งวัสดุแก้วแตกในภาชนะเก็บของมีคม
- 2.2.3 นำวัสดุซับปิดคลุมบริเวณที่วัสดุติดเชื้อหกหล่น เพื่อไม่ให้เชื้อฟุ้งกระจาย
- 2.2.4 ราดน้ำยาฆ่าเชื้อที่เหมาะสมกับชนิดของเชื้อรอบบริเวณวัสดุติดเชื้อที่หกหล่นจากด้านนอกเข้าสู่ด้านในและปล่อยทิ้งไว้อย่างน้อย 10-20 นาที หรือตาม contact time ของน้ำยาฆ่าเชื้อที่เลือกใช้ เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำยาได้ออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อเพียงพอ
- 2.2.5 เก็บรวบรวมวัสดุปนเปื้อนทั้งหมดทิ้งลงในถุงขยะติดเชื้อ
- 2.2.6 ทำซ้ำข้อ 2.2.3– 2.2.5 อีกครั้ง
- 2.2.7 เครื่องมือที่ปนเปื้อน หากไม่สามารถนึ่งฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูงได้ ต้องแช่ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อที่เหมาะสมไม่กัดกร่อนเครื่องมือ และล้างด้วยน้ำถ้าจำเป็น
- 2.2.8 นำถุงใส่ขยะติดเชื้อไปอบนิ่งฆ่าเชื้อก่อนนำไปทิ้ง
- 2.2.9 วัสดุอุปกรณ์ที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ให้ใส่ในภาชนะที่ทนความร้อนและมีฝาปิดก่อนนำไปอบฆ่าเชื้อ
- 2.2.10 เปิดใช้พื้นที่ได้หลังจากที่ได้ทำความสะอาดและกำจัดการณ์ปนเปื้อนเสร็จสมบูรณ์
- 2.2.11 รายงานอุบัติการณ์ แก่ผู้รับผิดชอบห้องปฏิบัติการทราบ



ตัวอย่างแบบบันทึกอุบัติเหตุ ดังรูปที่ 14.1

แบบบันทึกอุบัติเหตุ	
ชื่อหน่วยงาน .....	
<b>ส่วนที่ 1 ผู้รายงานอุบัติเหตุ</b> วันที่เกิดอุบัติเหตุ ..... เวลา ..... สถานที่เกิดเหตุการณ์ ..... รายละเอียดอุบัติเหตุ (ใคร อะไร ที่ไหน อย่างไร เมื่อไร) ..... ..... .....	
ผู้เกี่ยวข้องในเหตุการณ์/ผู้เสียหาย/ผู้ได้รับผลกระทบ 1) ..... หน่วยงาน ..... 2) ..... หน่วยงาน ..... 3) ..... หน่วยงาน ..... <input type="radio"/> ผลกระทบต่อความปลอดภัย/สุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน <input type="checkbox"/> บาดเจ็บ ..... ถูกเข็มตำ ถูกของมีคมบาด <input type="checkbox"/> อื่นๆ ..... <input type="checkbox"/> เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ..... <input type="checkbox"/> ไม่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ <input type="radio"/> ผลกระทบต่อเครื่องมืออุปกรณ์และสิ่งแวดล้อม <input type="checkbox"/> เครื่องมืออุปกรณ์ชำรุด (ระบุ) ..... <input type="checkbox"/> ไฟฟ้าดับ <input type="checkbox"/> ไฟฟ้าลัดวงจร <input type="checkbox"/> ท่อน้ำชำรุด <input type="checkbox"/> อ่างน้ำชำรุด <input type="checkbox"/> แก๊สรั่ว <input type="checkbox"/> อัคคีภัย <input type="checkbox"/> ตัวอาคารชำรุด (ระบุ) ..... <input type="checkbox"/> อื่นๆ ..... ท่านใช้เครื่องมือป้องกันใดบ้างขณะเกิดเหตุการณ์ (ระบุ) ..... ชื่อผู้รายงาน ..... ตำแหน่ง ..... วันที่รายงาน ..... (.....)	
<b>ส่วนที่ 2 สำหรับหัวหน้างานเท่านั้น</b> สรุปผลกระทบของอุบัติเหตุ <input type="checkbox"/> เกิดกับผู้ปฏิบัติงาน <input type="checkbox"/> เกิดกับผลวิเคราะห์ <input type="checkbox"/> เกิดกับสิ่งแวดล้อม <input type="checkbox"/> อื่น ๆ ..... ผลกระทบที่ตามมาของเหตุการณ์ (ด้านสุขภาพและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน) <input type="checkbox"/> ไม่ได้รับบาดเจ็บ <input type="checkbox"/> รับการปฐมพยาบาล <input type="checkbox"/> เข้ารับการรักษาพยาบาล <input type="checkbox"/> สามารถมาทำงานได้ <input type="checkbox"/> ไม่สามารถมาทำงานได้ <input type="checkbox"/> การติดตามประเมินผลสุขภาพ ..... มาตรการควบคุมที่มีอยู่ ..... การแก้ไขเบื้องต้น ..... ผลการแก้ไข <input type="checkbox"/> แก้ไขได้ <input type="checkbox"/> แก้ไขไม่ได้ แนวทางการแก้ไขเชิงป้องกัน ..... ..... ระยะเวลาแล้วเสร็จ ..... ชื่อหัวหน้างาน ..... ตำแหน่ง ..... วันที่ทบทวน ..... (.....)	
<b>ส่วนที่ 3 สำหรับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย/ Safety officer</b> 1. การทบทวนมาตรการควบคุมที่มีอยู่ <input type="checkbox"/> เห็นด้วย <input type="checkbox"/> ปรับปรุงกระบวนการ ..... 2. การทบทวนการแก้ไขเบื้องต้น <input type="checkbox"/> เห็นด้วย <input type="checkbox"/> ปรับปรุงกระบวนการ ..... 3. การทบทวนแนวทางแก้ไขเชิงป้องกัน <input type="checkbox"/> เห็นด้วย <input type="checkbox"/> ปรับปรุงกระบวนการ ..... ข้อเสนอแนะ ..... ..... ผลการทบทวนอุบัติเหตุ ความถี่ในการเกิดอุบัติเหตุ ..... ครั้ง/ปี บาดเจ็บ/ เจ็บป่วย ..... คน/ปี <input type="checkbox"/> สรุปรายงานเสนอผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย ..... วันที่ทบทวน ..... (.....)	

รูปที่ 14.1 ตัวอย่างแบบบันทึกอุบัติเหตุ





---

## บทที่ 15

### อาชีวอนามัย (Occupation Health)

---

การดำเนินงานอาชีวอนามัยและความปลอดภัยมีขอบเขตที่เกี่ยวข้องเฉพาะปัญหาสุขภาพอนามัย (health problems) ของคนที่เกิดจากการทำงานดังนี้

**1. ผู้ปฏิบัติงานในขณะที่ทำงาน (Workers)** ในผู้ที่ปฏิบัติงานอาชีพต่างๆ จะได้รับการดูแลทางสุขภาพอนามัยการค้นหาโรคและอันตรายที่เกิดขึ้นที่เป็นผลมาจากการทำงานการส่งเสริมสุขภาพอนามัยการป้องกันโรคอันตรายและอุบัติเหตุที่อาจเกิดจากการทำงาน

**2. สภาพสิ่งแวดล้อมของการทำงาน (Working environment)** เป็นการศึกษาสภาพแวดล้อมของงานแต่ละประเภทว่ามีสิ่งใดที่ทำให้เกิดอันตรายได้บ้างและมีผลกระทบต่อสุขภาพอย่างไร

#### การเฝ้าระวังทางการแพทย์และภูมิคุ้มกันวัคซีนของผู้ปฏิบัติงาน

การเฝ้าระวังสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ที่ทำงานถือเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นอย่างมากการเฝ้าระวังสุขภาพต้องมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ก่อนที่พนักงานจะเข้าทำงาน ระหว่างที่ทำงานจนกระทั่งถึงเวลาปรับเปลี่ยนงานหรือลาออกจากการทำงานนั้นไป รวมทั้งจะต้องดำเนินการควบคู่ไปกับการประเมินและบริหารจัดการความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสภาพแวดล้อมการทำงาน ซึ่งรวมถึงการเฝ้าระวังควบคุมสภาพแวดล้อมในการทำงานด้วย

การตรวจสุขภาพแก่ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ อาจแบ่งได้ดังนี้

**1. การประเมินสุขภาพก่อนหรือแรกเข้าทำงาน**ผู้ปฏิบัติงานที่เริ่มเข้าทำงานใหม่ หรือย้ายจากแผนกอื่นมาอยู่ในแผนกใหม่ ควรได้รับการตรวจและประเมินสุขภาพเพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมทางด้านสุขภาพทั้งทางร่างกายและจิตใจก่อนเข้าไปทำงานในแผนกนั้นๆ การตรวจประเมินสุขภาพนี้ต้องพิจารณาว่าผู้ที่เข้ามาทำงานใหม่มีโรคหรือสภาวะทางสุขภาพที่อาจมีผลกระทบต่อการทำงาน หรือทำให้เกิดโรคหรือสภาวะสุขภาพมีอันตราย หรือความไม่ปลอดภัยจากการทำงานมากยิ่งขึ้น รวมทั้งอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพหรือความปลอดภัยต่อบุคคลอื่นด้วยหรือไม่ โดยทั่วไปการตรวจแรกเข้าทำงานมีวัตถุประสงค์คือ เป็นการตรวจเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน ซึ่งนำไปสู่การเฝ้าระวังทางสุขภาพ เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งจึงทำการตรวจเพื่อเฝ้าระวังความเสี่ยงและดูแลแนวโน้มของสภาวะสุขภาพที่อาจเปลี่ยนแปลงไปอันมีผลมาจากสภาพแวดล้อมการทำงาน

**2. การตรวจสุขภาพประจำปี** ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพควรได้รับการตรวจประเมินสุขภาพทั่วไปเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ อย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง เพื่อตรวจหาความผิดปกติที่อาจเกิดผลกระทบ

ต่อสุขภาพตั้งแต่ระยะเริ่มแรก และนำไปสู่การป้องกันแก้ไขได้อย่างทัน่วงที่ การตรวจคัดกรองทางสุขภาพทั่วไปที่ควรดำเนินการ ได้แก่ การตรวจวัดความดันโลหิต การตรวจหาโรคเบาหวาน หรือการตรวจคัดกรองโรคมะเร็งต่างๆ เป็นต้น

**3. การตรวจสุขภาพตามความเสี่ยง** เป็นการตรวจสุขภาพในกลุ่มที่ปฏิบัติงานเสี่ยงอันตราย ซึ่งต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมในการทำงานของแต่ละกลุ่มเสี่ยงว่ามีอะไรบ้าง และมีผลกระทบต่องานของร่างกายอย่างไร อาจจำเป็นต้องมีการตรวจพิเศษเฉพาะระบบอย่างสม่ำเสมออย่างไรก็ตาม การตรวจตามความเสี่ยงนั้นส่วนใหญ่ยังคงเป็นการคัดกรองเพื่อค้นหาความเสี่ยงข้อควรระวังคือต้องเป็นไปตามหลักวิชาการ คือ ชนิดตัวอย่างและการเก็บในช่วงเวลาที่เหมาะสม

อย่างไรก็ดี การตรวจสุขภาพตามความเสี่ยงควรตรวจก่อนเข้าทำงาน ขณะทำงาน สำหรับบุคลากรที่มีความเสี่ยงจากการทำงานในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพควรได้รับการตรวจสุขภาพตามความเสี่ยงอย่างน้อย คือ การตรวจหาเชื้อไวรัสตับอักเสบบีและให้วัคซีนบุคลากรที่ทำงานสัมผัสเลือดสารคัดหลั่งต่างๆ

นอกจากนี้ ควรเก็บตัวอย่างชีวภาพของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการตั้งแต่แรกเข้าทำงานเพื่อใช้เป็นตัวอย่างเปรียบเทียบโดยได้รับการยินยอมจากผู้ปฏิบัติงานกรณีที่พบการติดเชื้อในผู้ปฏิบัติงานในภายหลัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีเชื้อใหม่หรือเชื้อเดิมแต่ได้มีการพัฒนาเทคนิควิธีการในการตรวจที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับชนิดของตัวอย่างที่ควรได้รับการเก็บไว้เพื่อเป็นการเปรียบเทียบนั้นโดยปกติมักเก็บในรูปของซีรัมแต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของงานและชนิดของเชื้อที่บุคลากรในห้องปฏิบัติการต้องเกี่ยวข้อง

นอกจากการตรวจสุขภาพข้างต้นแล้ว ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการยังมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอีกหลายชนิดที่อาจได้รับการสัมผัสกับตัวอย่างผู้ป่วยดังนั้นการได้รับภูมิคุ้มกันถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการป้องกันผู้ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลจากโรคต่างๆที่สามารถป้องกันด้วยวัคซีนได้ภูมิคุ้มกันที่บุคลากรสาธารณสุขควรได้รับแสดงดังตารางที่ 15.1 และ 15.2

ตารางที่ 15.1 สรุปการให้ภูมิคุ้มกันหรือยา “ก่อน” การสัมผัสเชื้อสำหรับบุคลากรทางการแพทย์ (Pre exposure prophylaxis)

วัคซีน/ยา	ข้อบ่งชี้
วัคซีนป้องกันไวรัสตับอักเสบบี	บุคลากรทางการแพทย์ที่มีความเสี่ยงในการสัมผัสเลือดหรือสิ่งคัดหลั่ง
วัคซีนป้องกันไข้หวัดใหญ่	บุคลากรทางการแพทย์
วัคซีนป้องกันโรคหัด	บุคลากรทางการแพทย์ที่ไม่เคยมีประวัติได้รับวัคซีนไม่เคยป่วยเป็นโรคหัด
วัคซีน/ยา	ข้อบ่งชี้
วัคซีนป้องกันโรคคางทูม	บุคลากรทางการแพทย์ที่มีโอกาสสัมผัสเชื้อ
วัคซีนป้องกันโรคหัดเยอรมัน	บุคลากรทางการแพทย์ที่ไม่เคยมีประวัติได้รับวัคซีนไม่เคยป่วยเป็นโรคหัดเยอรมัน
วัคซีนป้องกันโรคอีสุกอีใส	บุคลากรทางการแพทย์ที่ไม่เคยมีประวัติได้รับวัคซีนไม่เคยป่วยเป็นโรคอีสุกอีใส
วัคซีนป้องกันโรคไวรัสตับอักเสบบี	บุคลากรทางการแพทย์ที่ทำงานสัมผัสกับผู้ป่วยโรคไวรัสตับอักเสบบีหรือทำงานในห้องปฏิบัติการที่ต้องสัมผัสเชื้อ
วัคซีนป้องกันโรคไขก้างหลังแอ่น (Meningococcal polysaccharide vaccine)	บุคลากรทางการแพทย์ที่ทำงานสัมผัสกับผู้ป่วย
วัคซีนป้องกันโรคโปลิโอ (Polio vaccine)	บุคลากรทางการแพทย์ที่ทำงานสัมผัสกับผู้ป่วยหรือทำงานในห้องปฏิบัติการที่ต้องสัมผัสเชื้อ
วัคซีนป้องกันโรคพิษสุนัขบ้า	บุคลากรทางการแพทย์ที่ทำงานสัมผัสกับสัตว์ที่ติดเชื้อมือหรือทำงานในห้องปฏิบัติการที่ต้องสัมผัสเชื้อหรือทำงานในห้องปฏิบัติการที่ต้องสัมผัสเชื้อ
วัคซีนรวมป้องกันโรคคอตีบและบาดทะยัก	ผู้ใหญ่ทุกคน
วัคซีนที่มีใช้ในการป้องกัน : วัคซีนป้องกันโรคไทฟอยด์ (Typhoid vaccines)	บุคลากรทางการแพทย์ที่ทำงานในห้องปฏิบัติการที่ต้องสัมผัสเชื้อ
วัคซีนป้องกันโรค smallpox (Vaccinia vaccine)	บุคลากรทางการแพทย์ที่ทำงานในห้องปฏิบัติการที่ต้องสัมผัสเชื้อ

ที่มา: คู่มือการประเมินความเสี่ยงจากการทำงานของบุคลากรในโรงพยาบาล (ฉบับปรับปรุงแก้ไข พ.ศ. 2554)



ตารางที่ 15.2 สรุปการให้ภูมิคุ้มกันหรือยา “หลัง” การสัมผัสเชื้อสำหรับบุคลากรทางการแพทย์ (Post exposure prophylaxis)

วัคซีน/ยา	ข้อบ่งชี้
โรคคอตีบ	บุคลากรทางการแพทย์ที่สัมผัสกับผู้ป่วยหรือผู้ที่เป็นพาหะของโรคคอตีบ
โรคไวรัสตับอักเสบบี	บุคลากรทางการแพทย์ที่สัมผัสกับอวัยวะของผู้ป่วยในช่วงที่มีการระบาดของโรคโดยไม่ต้องให้ในผู้ที่มีภูมิคุ้มกัน
ไวรัสตับอักเสบบี	บุคลากรทางการแพทย์ที่สัมผัสกับเลือดหรือสิ่งคัดหลั่งของผู้ป่วยติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีโดยไม่ต้องให้ในผู้ที่มีภูมิคุ้มกัน
โรคไขก้างหลังแอ่น (Meningococcal disease)	บุคลากรทางการแพทย์ที่สัมผัสกับการไอจามของผู้ป่วยโดยไม่ได้ใช้ PPE ที่เหมาะสมรวมถึงการทำหัตถการที่มีความเสี่ยงเช่นการใส่ท่อช่วยหายใจ
โรคไอกรน	บุคลากรทางการแพทย์ที่สัมผัสกับการไอจามของผู้ป่วยโดยไม่ได้ใช้ PPE ที่เหมาะสม
วัคซีน/ยา	ข้อบ่งชี้
โรคพิษสุนัขบ้า	บุคลากรทางการแพทย์ที่ถูกสัตว์หรือคนที่เป็นโรคพิษสุนัขบ้ากัดหรือสัมผัสน้ำลายหรือสิ่งอื่น ๆ ที่มีเชื้อเช่นสมองสัตว์ผ่านทางบาดแผลเนื้อเยื่ออ่อน
โรคอีสุกอีใส	บุคลากรทางการแพทย์ที่ต้องทำงานสัมผัสกับผู้ป่วยที่มีการติดเชื้อหรือผู้ที่เป็นกลุ่มเสี่ยงเช่นการตั้งครรภ์การมีภูมิคุ้มกันต่ำ

หมายเหตุ เงื่อนไขการใช้วัคซีนมีดังนี้

1. Pre exposure prophylaxis จะมีภูมิคุ้มกันหรือไม่ก่อนฉีดต้องพิจารณาตามข้อบ่งชี้ของกรมควบคุมโรค
2. Post exposure prophylaxis ไม่จำเป็นต้องฉีดซ้ำแต่ถ้าไม่มีภูมิให้ฉีดได้
3. ซักประวัติ/ประเมินว่ามีภูมิคุ้มกันหรือไม่ถ้ามีก็ไม่จำเป็นต้องใช้วัคซีน

ที่มา: คู่มือการประเมินความเสี่ยงจากการทำงานของบุคลากรในโรงพยาบาล (ฉบับปรับปรุงแก้ไข พ.ศ. 2554)

## การยศาสตร์

ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานได้ทั้งด้านจิตวิทยากายภาพเคมี ชีวภาพ ซึ่งคนส่วนใหญ่มักไม่ค่อยให้ความสนใจ จนกระทั่งเกิดอุบัติเหตุหรือเกิดอันตรายขึ้นกับผู้ปฏิบัติงาน ปัญหาด้านการยศาสตร์มีสาเหตุหลัก 4 ประเด็น คือ

**1. ระบบการทำงาน** การพิจารณาถึงขั้นตอนการทำงานวิธีการปฏิบัติงานและระเบียบข้อบังคับที่เกี่ยวข้องในการทำงานต้องเอื้อต่อการทำงาน

**2. อุปกรณ์เครื่องมือและเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องในการทำงาน** การพิจารณาถึงของขนาดทิศทาง ตำแหน่งและระดับความสูงของการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือและเครื่องจักรให้มีความเหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งจะส่งผลต่อการเกิดปัญหาด้านการยศาสตร์ได้เช่นโต๊ะทำงานที่สูงหรือเตี้ยเกินไป เป็นต้น

**3. ผู้ปฏิบัติงาน** ผู้ปฏิบัติงานแต่ละคนย่อมมีข้อจำกัดที่แตกต่างกันไป เช่น ความแตกต่างของสัดส่วน รูปร่างของผู้ปฏิบัติงาน ระดับความทนทานและความอดทนของร่างกายที่มีต่องาน เป็นต้น นอกจากนี้สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาคือท่าทางในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานเพราะในงานเดียวกันที่มีขั้นตอนการทำงานที่เหมือนกัน ทุกประการนั้นจะเกิดความแตกต่างกันที่ท่าทางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานแต่ละคนจึงถือว่าท่าทางการทำงาน เป็นตัวแปรสำคัญในการเกิดปัญหาการยศาสตร์ด้วย

**4. สภาพแวดล้อมในการทำงาน** สำหรับสถานที่ทำงานใดก็ตามที่มีสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น เสียงดังเกินไป อากาศร้อนหรือเย็นเกินไป แสงสว่างจ้าหรือน้อยเกินไป การระบายอากาศไม่ดี พื้นที่แคบเกินไปหรือมีของวางเกะกะกีดขวางทางเดิน ทางเดินมีความต่างระดับมากเกินไป เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เกิดผลกระทบต่อการทำงานและนำไปสู่การเกิดปัญหาการยศาสตร์ได้ เช่น การที่ผู้ปฏิบัติงานต้องบิดหรือตะแคงตัวในการเดินยกของผ่านพื้นที่ที่แคบ เป็นต้น

การยศาสตร์เป็นเรื่องการศึกษาสภาพการทำงานที่มีความสัมพันธ์ระหว่างผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม เป็นการพิจารณาว่าสถานที่ทำงานควรการออกแบบหรือปรับปรุงให้มีความเหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงานอย่างไร เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจมีผลกระทบต่อความปลอดภัยและสุขภาพอนามัยในการทำงานและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ด้วยการทำงานที่ซ้ำซากจำเจในงานที่มีการออกแบบเครื่องมือและหน่วยที่ทำงานที่ไม่เหมาะสมจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดการบาดเจ็บและเจ็บป่วยซึ่งมักจะเป็นอาการที่ค่อยๆเกิดขึ้นอย่างช้าๆ อาจใช้เวลานานทำให้ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในเรื่องการรักษาอาการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก

หน่วยที่ทำงานหมายถึงสถานที่ซึ่งพนักงานต้องอยู่ปฏิบัติงานนั้นหน่วยที่ทำงานอาจเป็นสถานที่ซึ่งพนักงานอยู่ปฏิบัติงานตลอดทั้งวัน การนำการยศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในสถานที่ทำงานย่อมก่อให้เกิดประโยชน์ไม่ว่าการทำให้พนักงานมีสุขภาพอนามัยที่ดีขึ้นสภาพการทำงานมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้นซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ผลทางห้องปฏิบัติการ

การออกแบบหน่วยที่ทำงานเป็นอย่างดีจะทำให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้ด้วยอิริยาบถการทำงานที่ถูกต้องและสะดวกสบายซึ่งเป็นเรื่องที่มีความสำคัญเนื่องจากอิริยาบถท่าทางการทำงานที่ไม่สะดวกสบายสามารถก่อให้เกิดปัญหามากมายตามมาเช่น อาการปวดหลัง การบาดเจ็บจากการเกร็งของกล้ามเนื้อที่เกิดจากการทำงานซ้ำซาก (Repetitive Strain Injuries หรือ RSIs) เป็นต้น สาเหตุของปัญหาส่วนใหญ่ได้แก่ การออกแบบที่นั่งไม่เหมาะสม การยืนทำงานเป็นเวลานาน การทำงานที่ต้องเอื้อมไกลเกินไป

แสงสว่างที่ไม่เพียงพอทำให้พนักงานต้องเข้าใกล้ชิ้นงานมากเกินไปที่ควรนำมาพิจารณาในการออกแบบหน่วยที่ทำงานจึงควรประกอบด้วยความสูงของศีรษะ ความสูงของไหล่ ระยะเวลาแขน ความสูงของข้อศอก ความสูงของมือ ความยาวของขา ขนาดของมือและร่างกาย เป็นต้น

จุดปฏิบัติงานหรือสถานีงาน (workstation) หมายถึง สถานที่ที่ผู้ปฏิบัติงานใช้เวลาส่วนมากอยู่ประจำเพื่อปฏิบัติงานโดยจุดปฏิบัติงานหรือสถานีงานอาจเป็นที่ที่ปฏิบัติงานขึ้นหนึ่งให้สำเร็จตลอดเวลาหรืออาจเป็นหนึ่งในหลายแห่งที่ต้องใช้ทำงานขึ้นหนึ่งร่วมกันให้แล้วเสร็จก็ได้

เนื้อที่ปฏิบัติงานหรือพื้นที่การทำงาน (workspace) หมายถึง เนื้อที่ทั้งหมดของสถานีงานที่มีความเหมาะสมต่อการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานคนหนึ่งโดยมากหมายถึงพื้นที่ที่อยู่รอบผู้ปฏิบัติงานขนาดของเนื้อที่สำหรับการปฏิบัติงาน ซึ่งถูกกำหนดโดยตำแหน่งไกลที่สุดที่ผู้ปฏิบัติงานจะสัมผัสได้ด้วยส่วนต่างๆของร่างกายในขณะที่กำลังทำงานอยู่ในสถานีนั้นรวมถึงพื้นที่ว่างที่เพียงพอต่อการจัดวางส่วนควบคุมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ที่ถูกใช้โดยผู้ปฏิบัติงาน

### ลักษณะของสถานีงาน

การออกแบบสถานีงานจึงควรพิจารณาถึงกลุ่มของผู้ที่จะใช้สถานีงานและทำการออกแบบให้มีความสัมพันธ์กัน ในทางกายศาสตร์ได้พิจารณาลักษณะของสถานีงานไว้ 3 ลักษณะ ดังนี้

#### 1. สถานีงานที่ต้องนั่งทำงาน (Seated workstation)

เป็นงานที่สามารถทำได้อย่างสะดวกในขณะนั่งตลอดช่วงปฏิบัติงานไม่มีการเอื้อมตัวมากเกินไป 40 เซนติเมตรหรือตำแหน่งของงานอยู่สูงกว่าพื้นผิวงานไม่เกิน 15 เซนติเมตรงานที่ไม่ต้องการแรงมาก เช่น การยกของขนาด 4.5 กิโลกรัม ขณะนั่งงานที่เกี่ยวข้องกับการเขียน หรือการประกอบชิ้นส่วนขนาดเล็ก งานที่ต้องการความละเอียดสูงงานที่ต้องใช้คนบังคับเท้าในขณะปฏิบัติงาน

#### 2. สถานีงานที่ต้องยืนทำงาน (Standing workstation)

งานที่สถานีงานไม่มีที่ว่างให้กับหัวเข่าขณะนั่ง งานที่เกี่ยวข้องกับการยกของหนักขนาดมากกว่า 4.5 กิโลกรัม งานที่ต้องการเอื้อมในทิศทางต่างๆ มาก และเกิดขึ้นบ่อย งานที่มีการเคลื่อนที่จากสถานที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งสูง งานที่ต้องมีการใช้แรงกดมากๆ เช่น การบรรจุสิ่งของหรือท่อของ เป็นต้น

#### 3. สถานีงานที่ต้องนั่งและยืนทำงาน (Sit-stand workstation)

งานที่มีความหลากหลาย ซึ่งงานบางส่วนเหมาะที่จะทำในขณะนั่ง และบางส่วนเหมาะที่จะทำในขณะยืน งานที่มีการเอื้อมไปด้านหน้ามากกว่า 41 เซนติเมตร และโน้มตัวไปด้านหน้ามากกว่า 15 เซนติเมตรเหนือพื้นผิวที่ปฏิบัติงาน

ข้อมูลในคู่มือนี้จะกล่าวถึงเฉพาะเพียงหลักการพื้นฐานการยศาสตร์ที่เกี่ยวกับงานยืนและนั่งทำงาน เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการทำงานในห้องปฏิบัติการ

### ท่าทางการทำงานสำหรับบุคคลที่นั่งเก้าอี้มีแนวในการปฏิบัติ คือ

1. ควรปรับระดับความสูงของโต๊ะทำงานให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะซึ่งต้องไม่สูงหรือเตี้ยเกินไปโดยให้โต๊ะอยู่ในระดับที่เมื่อทำงานแล้วแขนท่อนล่างของผู้ปฏิบัติจะขนานกับพื้นหรือต้นขาส่วนแขนท่อนบนขนานกับลำตัวซึ่งข้อศอกทั้งสองข้างจะทำมุม 90 องศา หัวไหล่ปล่อยตามสบายเพราะถ้าผู้ปฏิบัติงานเกร็งหรือยกขึ้นจะทำให้เกิดความเมื่อยล้าและเกิดการบาดเจ็บสะสมกับผู้ปฏิบัติงานได้เมื่อทำงานไประยะหนึ่ง
2. ควรปรับระดับความสูงของเก้าอี้ให้พอเหมาะกับความยาวของขาช่วงล่างและจะสามารถวางเท้าไว้บนพื้นพอดีโดยที่สามารถสอดมือเข้าไปตรงบริเวณระหว่างต้นขากับข้อของที่นั่งของเก้าอี้ได้ เพราะจะทำให้เวลานั่งทำงานข้อของที่นั่งของเก้าอี้ไม่ไปกดตรงบริเวณต้นขาซึ่งขาช่วงล่างจะวางตั้งฉากกับพื้นขาช่วงบนวางตามเบาะนั่งของเก้าอี้ที่ขนานกับพื้นทำให้หัวเข่าทั้งสองข้างทำมุม 90 องศา
3. เก้าอี้ควรมีความมั่นคงแข็งแรงไม่โยกหรือเลื่อนไปมา
4. ที่นั่งของเก้าอี้ต้องไม่เล็กเกินไปและมีความลึกให้พอเหมาะกับความยาวของขาช่วงบนนอกจากนี้บริเวณข้อของที่นั่งต้องมีลักษณะโค้งมนไม่ควรมีลักษณะเป็นเหลี่ยมมุมเพราะเวลานั่งทำงานจะทำให้เหลี่ยมมนนั้นกดกับบริเวณต้นขาจนเกิดการเจ็บของกล้ามเนื้อได้
5. วัสดุที่ใช้ทำเก้าอี้ต้องมีคุณสมบัติที่อากาศสามารถไหลผ่านได้ดีหรือระบายอากาศได้ดีทำให้ความสะอาดง่ายดูแลรักษาง่ายไม่ควรมีลักษณะที่เกิดการเสียดง่ายเพราะผู้ปฏิบัติงานต้องเกร็งตลอดเวลาการทำงานซึ่งจะทำให้รู้สึกเครียดและปวดเมื่อยกล้ามเนื้อได้
6. พนักพิงต้องไม่เล็กเกินไปซึ่งสามารถรองรับแผ่นหลังของผู้ปฏิบัติงานได้ทั้งหมดไม่ควรเอนไปข้างหลังหรือข้างหน้า

### ท่าทางการทำงานสำหรับบุคคลที่ยืนทำงานมีแนวในการปฏิบัติ คือ

1. ระดับความสูงของพื้นที่ปฏิบัติงานต้องไม่สูงหรือเตี้ยเกินไปโดยผู้ปฏิบัติงานจะต้องให้แขนท่อนล่างขนานกับพื้นส่วนแขนท่อนบนขนานกับลำตัวซึ่งข้อศอกทั้งสองข้างจะทำมุม 90 องศา หัวไหล่ปล่อยตามสบายเพราะถ้าผู้ปฏิบัติงานเกร็งหรือยกขึ้นเมื่อทำงานได้ระยะหนึ่งผู้ปฏิบัติงานจะเกิดความเมื่อยล้าและเกิดการบาดเจ็บสะสมได้
2. ผู้ปฏิบัติงานยืนหลังตรงไม่เอียงตัวไปข้างหน้าหรือข้างหลังไม่ยืนหลังงอหรือท้อไหล่และไม่ควรเอื้อมมือไปหยิบสิ่งของที่อยู่ระดับสูงกว่าหัวไหล่และระดับต่ำกว่ามือจนต้องก้มตัวลงส่วนศีรษะของผู้ปฏิบัติงานต้องไม่เงยหรือก้มมากเกินไป
3. ควรจัดให้มีแท่นรองรับชิ้นงานสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่มีความสูงมากหรือแท่นยกพื้นสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่เตี้ยให้สามารถยืนทำงานได้อย่างเหมาะสม
4. ควรจัดให้มีแผ่นปูรองพื้นที่ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นไม่ลื่นสะอาด



5. บริเวณที่ยืนทำงานนั้นต้องไม่มีสิ่งกีดขวางเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถขยับเท้าทั้งสองเคลื่อนที่ไปมาได้อย่างอิสระเพื่อช่วยลดความเมื่อยล้าและเครียดของกล้ามเนื้อ
6. ควรมีการจัดหาที่วางพักเท้าเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปรับเปลี่ยนอิริยาบถได้หรือสับเปลี่ยนน้ำหนักในการยืนเป็นครั้งคราวเพื่อช่วยลดความเมื่อยล้าและเครียดของกล้ามเนื้อ
7. ควรจัดให้มีเก้าอี้หรือที่นั่งพักไว้ในพื้นที่ปฏิบัติงานเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานนั่งพักในระหว่างช่วงพักได้อย่างสะดวก
8. ผู้ปฏิบัติงานควรสวมรองเท้าที่มีความเหมาะสมพอดีเพื่อรองรับและพยุงบริเวณที่เป็นส่วนโค้งของเท้าเพื่อลดความปวดเมื่อย

การแก้ไขปัญหาด้านการยศาสตร์จึงไม่ใช่การปรับผู้ปฏิบัติงานให้เหมาะกับสภาพการทำงานแต่เป็นการปรับสภาพการทำงานให้เหมาะกับผู้ปฏิบัติงานโดยการออกแบบอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักรและสภาพแวดล้อมในการทำงานให้เหมาะสมกับความสามารถพื้นฐานและข้อจำกัดของผู้ปฏิบัติงานเพื่อช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับความปลอดภัยในการทำงานไม่เกิดการเมื่อยล้าหรือการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อจนมีอาการลุกลามร้ายแรงและยังทำให้เกิดสภาพการทำงานที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นด้วย



---

## บทที่ 16

### การปฐมพยาบาลเบื้องต้น (First Aid)

---

การปฐมพยาบาลเบื้องต้น หมายถึง การให้ความช่วยเหลือผู้ป่วยหรือผู้บาดเจ็บ ณ สถานที่เกิดเหตุ โดยใช้อุปกรณ์เท่าที่จะหาได้ในขณะนั้น ก่อนที่ผู้บาดเจ็บจะได้รับการดูแลรักษาจากบุคลากรทางการแพทย์ หรือส่งต่อไปยังโรงพยาบาล

**การปฐมพยาบาลมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญ คือ**

1. เพื่อช่วยชีวิต
2. เพื่อเป็นการลดความรุนแรงของการบาดเจ็บหรือการเจ็บป่วย
3. เพื่อทำให้บรรเทาความเจ็บปวดทรมาน และช่วยให้กลับสู่สภาพเดิมโดยเร็ว
4. เพื่อป้องกันความพิการที่จะเกิดขึ้นตามมาภายหลัง

หลักการทั่วไปในการปฐมพยาบาลนั้นจำเป็นต้องกระทำโดยเร็วที่สุดซึ่งต้องคำนึงถึงกลุ่มบุคคลสองกลุ่มคือ ผู้ช่วยเหลือ ซึ่งมักเป็นบุคคลที่อยู่ในเหตุการณ์ขณะนั้น และผู้บาดเจ็บหรือผู้ป่วย

**ขั้นตอนการช่วยเหลือเมื่อพบผู้ประสบเหตุฉุกเฉิน มีดังนี้**

1. สำรวจสถานการณ์
2. สำรวจการบาดเจ็บเบื้องต้น
  - ตรวจสอบความรู้สึกตัว
  - ตรวจสอบทางเดินหายใจ
  - ตรวจสอบชีพจร
  - ตรวจสอบการบาดเจ็บ
3. แจ้งขอความช่วยเหลือ
4. ให้การปฐมพยาบาลตามอาการบาดเจ็บ

ห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพควรมีอุปกรณ์ที่ใช้ปฐมพยาบาลหรือปฐมพยาบาล ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังนี้

- ชุดยาปฐมพยาบาลเบื้องต้น ได้แก่ น้ำยาล้างแผล ยาใส่แผลสด ยาแก้ปวด ยาทาบรรเทาอาการจากแผลไฟไหม้ หรือน้ำร้อนลวก ยาต้ม
- อุปกรณ์การปฐมพยาบาล เช่น ผ้าพันแผลที่ผ่านการฆ่าเชื้อ กรรไกร สำลี เข็มกลัด แก้วล้างตา พลาสเตอร์ ผ้ายัด เป็นต้น
- คู่มือการใช้ยาชนิดต่างๆ

ผู้หรืออุปกรณ์ปฐมพยาบาลควรอยู่ในตำแหน่งที่สามารถหยิบได้สะดวก และมีแสงสว่างเพียงพอ นอกจากนี้ควรมีเบอร์โทรศัพท์ 1669 หรือเบอร์ของโรงพยาบาลที่อยู่ใกล้เคียงติดอยู่ที่ตู้ปฐมพยาบาลหรือสถานที่เก็บอุปกรณ์ปฐมพยาบาลให้เห็นชัดเจนและมอบหมายให้มีผู้รับผิดชอบอุปกรณ์หรือตู้ปฐมพยาบาลเพื่อตรวจสอบดูแลให้พร้อมใช้เสมอหน่วยงานควรจัดให้มีการอบรมเจ้าหน้าที่ในห้วงปฏิบัติการเกี่ยวกับการปฐมพยาบาลเพื่อสามารถช่วยเหลือผู้ป่วยเบื้องต้นก่อนนำส่งแพทย์ อย่างไรก็ตามพึงระลึกไว้เสมอว่าการปฐมพยาบาลนั้นสามารถทำได้หากประเมินแล้วว่าอยู่ในวิสัยที่สามารถจะกระทำหากไม่แน่ใจหรือลักษณะการบาดเจ็บรุนแรงต้องรีบประสานงานกับหน่วยแพทย์หรือผู้เกี่ยวข้องโดยตรง

## การปฐมพยาบาลผู้ได้รับบาดเจ็บ

แตกต่างกันตามลักษณะของการบาดเจ็บ หรืออันตรายดังต่อไปนี้

### 1. การดูแลบาดแผลจากของมีคมและแผลเข็มทิ่มตำ เมื่อเกิดบาดแผลให้แก้ไขดังนี้

- 1.1 ทำความสะอาดบาดแผลด้วยสบู่และน้ำสะอาดแล้วเช็ดด้วยแอลกอฮอล์
- 1.2 ปิดแผลด้วยพลาสเตอร์

#### ข้อควรคำนึง

กรณีมีแผลใหญ่และลึก หรือห้ามเลือดไม่ได้ต้องพบแพทย์และบอกสาเหตุเพื่อรับการรักษาให้เร็วที่สุด นอกจากนี้ควรเจาะเลือดเพื่อดู seroconversion ของเชื้อที่สามารถติดทางเลือดได้ เช่น ไวรัสตับอักเสบบี ไวรัสเอดส์ เป็นต้น และต้องมีการติดตามอาการของผู้ที่ได้รับอุบัติเหตุ จนแน่ใจว่าไม่มีการติดเชื้อหากมีการติดเชื้อต้องได้รับการรักษาอย่างต่อเนื่อง

### 2. แผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก พิจารณาเป็น 2 กรณี ดังนี้

**2.1 กรณีเฉพาะชั้นผิวหนัง** ระบายความร้อนออกจากแผล โดยใช้ผ้าชุบน้ำประคบบริเวณบาดแผล แผลลงในน้ำหรือเปิดให้น้ำไหลผ่านบริเวณบาดแผลตลอดเวลา นานประมาณ 10 นาที ซึ่งจะช่วยบรรเทาความเจ็บปวดได้ทำด้วยยาทาแผลไหม้ห้ามเจาะถุงน้ำหรือตัดหนังส่วนที่พองออก ปิดบริเวณแผลด้วยผ้าสะอาดเพื่อป้องกันการติดเชื้อ ถ้าแผลไหม้มีบริเวณกว้าง หรืออวัยวะที่สำคัญต้องรีบนำส่งโรงพยาบาล

**2.2 กรณีลึกถึงเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง** ไม่ต้องระบายความร้อนออกจากบาดแผลเพราะจะทำให้แผลติดเชื้อมากขึ้นห้ามใส่ยาใดๆทั้งสิ้นลงในบาดแผลใช้ผ้าสะอาดห่อตัวผู้บาดเจ็บเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกให้ความอบอุ่นและรีบนำส่งโรงพยาบาล

### 3. บาดแผลจากกระแสไฟฟ้าช็อต

อาจทำให้เกิดแผลไหม้เนื้อเยื่อที่ลึกจากผิวหนังอาจจะได้รับผลกระทบด้วย แต่จะใช้เวลาประมาณ 2-3 วัน จึงจะแสดงอาการออกมา ผู้ป่วยที่ถูกไฟฟ้าดูดติดอยู่กับบริเวณที่สัมผัส จะทำให้เกิดการไหม้ที่รุนแรง ควรปฏิบัติ ดังนี้

3.1 ทำการดึงผู้ป่วยออกจากกระแสไฟฟ้า วิธีที่ง่ายที่สุด คือ ตัดกระแสไฟฟ้าโดยการปิด สวิตช์ แต่ถ้าไม่สามารถกระทำได้โดยวิธีนี้ ต้องดึงผู้ป่วยออกจากกระแสไฟฟ้า โดยยืนบนกระดานที่ไม่เปียกน้ำ หรือ ยืนบนวัสดุที่เป็นฉนวนชนิดอื่น เช่น แผ่นยาง

3.2 เมื่อดึงผู้ป่วยออกจากกระแสไฟฟ้าแล้วลงมือกระตุ้นหัวใจและผายปอดให้ทันที ต้องช่วยเหลือจนกระทั่งผู้ป่วยหายใจได้ และควรรีบนำส่งโรงพยาบาลทันทีหากผู้ป่วยมีอาการหนัก

### 4. สารกระตุ้นเข้าตา ควรปฏิบัติ ดังนี้

- 4.1 ล้างตาทันที โดยลืมตาและกรอกรตาในน้ำนานๆ
- 4.2 สารเคมีที่เป็นด่างเข้าตา ให้ล้างด้วยสารละลายกรดโบริก
- 4.3. สารเคมีที่เป็นกรดเข้าตา ให้ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตเจือจาง
- 4.4 หากสารชีวภาพหรือจุลชีพกระตุ้นเข้าตา หรือหลังล้างตาแล้วมีอาการอักเสบ ต้องรีบไปพบแพทย์

### 5. การดื่มหรือกลืนสารพิษ ควรปฏิบัติ ดังนี้

- 5.1 ล้างปากให้สะอาด
- 5.2 ต้องทราบว่ากลืนสารอะไร
- 5.3 ดื่มน้ำหรือนมหรือไข่ขาวเพื่อให้สารพิษในกระเพาะเจือจาง
- 5.4 ดื่ม activated charcoal เพื่อดูดสารพิษในกระเพาะ
- 5.5 ทำให้อาเจียนและไปพบแพทย์ข้อควรระวังคือห้ามทำให้อาเจียนหากผู้ป่วยหมดสติ หรือดื่มกรดหรือด่างอย่างแรงรวมถึงน้ำมันและทินเนอร์
- 5.6 ถ้ากลืนจุลชีพ ให้รีบไปพบแพทย์และบอกชนิดของจุลชีพที่กลืนเข้าไป

### 6. แก๊สรั่วควรปฏิบัติ ดังนี้

- 6.1 นำผู้ป่วยออกไปยังบริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์
- 6.2 ควรปลดเสื้อผ้าที่บริเวณคอและเอวให้หลวม และให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย
- 6.3 ทำการช่วยเหลือโดยการให้ออกซิเจน หากไม่มีออกซิเจนควรผายปอดให้ด้วยวิธีปากต่อปากไปเรื่อยๆ จนกระทั่งผู้ป่วยหายใจเองได้
- 6.4 หากผู้ป่วยได้รับแก๊สพิษ ควรอยู่ภายใต้การดูแลของแพทย์





## บทที่ 17

### ความปลอดภัยทางชีวภาพและเทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรม (Biosafety and Recombinant DNA Technology)

**ความปลอดภัยทางชีวภาพและเทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรม** ในที่นี้ หมายถึง แนวคิดในการพิจารณาถึงผลกระทบ และประเมินความเสี่ยงหรืออันตรายต่อความปลอดภัยของสุขภาพมนุษย์ ความหลากหลายทางชีวภาพ อันอาจเกิดจากการวิจัย ทดลองและพัฒนาการเคลื่อนย้าย การจัดการ และการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตที่เป็นจุลชีพรวมถึงจุลชีพที่ได้รับการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมโดยใช้เทคโนโลยีพันธุวิศวกรรมในส่วนที่มีการควบคุมซึ่งเป็นการปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์เท่านั้น

เทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรม หมายถึง การผสมสารพันธุกรรมจากแหล่งที่มาต่างกันเพื่อสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม (Genetically Modified Organisms; GMOs) ซึ่งไม่มีในธรรมชาติปัจจุบันเทคโนโลยีนี้ได้กลายเป็นพื้นฐานสำคัญของชีววิทยาและการแพทย์ และมีความเป็นไปได้ที่จะมีอิทธิพลอย่างมาก เนื่องจากมีการศึกษาการเรียงรหัสพันธุกรรมของมนุษย์เป็นผลสำเร็จแล้ว วิธีการด้านเทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรมนี้จะทำให้การรักษาโรคด้วยยีนอาจกลายเป็นวิธีการรักษาหลักของโรคได้ในอนาคต นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มการสร้างพาหะ (vector) ตัวใหม่สำหรับการขนถ่ายยีนที่ต้องการโดยใช้เทคโนโลยีพันธุวิศวกรรม เทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรมนี้ทำโดยการโคลนนิ่งชิ้นส่วนดีเอ็นเอ (Deoxyribonucleic Acid; DNA) ในเซลล์เจ้าบ้านที่เป็นแบคทีเรีย เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ของดีเอ็นเอส่วนที่ต้องการสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป ขั้นตอนดังกล่าวอาจทำให้เกิดเป็นสิ่งมีชีวิตใหม่ที่ไม่เคยรู้จัก สิ่งมีชีวิตเหล่านี้อาจมีคุณลักษณะที่ไม่สามารถทำนายหรือควบคุมได้ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายถ้าสิ่งมีชีวิตเหล่านี้หลุดรอดออกจากห้องปฏิบัติการดังนั้นสำหรับการทำงานเกี่ยวกับ GMO การทดลองเกี่ยวกับการสร้างหรือใช้สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม ควรทำภายหลังจากได้ดำเนินการประเมินความเสี่ยงความปลอดภัยทางชีวภาพที่ถูกต้องและเหมาะสมแล้วเท่านั้น โดยควรมีการประเมินคุณสมบัติของสิ่งมีชีวิตผู้ให้ (donor organism) ลักษณะคุณสมบัติของลำดับดีเอ็นเอซึ่งจะถูกขนส่ง (transfer) และคุณสมบัติของสิ่งมีชีวิตผู้รับ (recipient organism) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับระดับความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับการปฏิบัติงาน

#### ข้อควรพิจารณาด้านความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับการแสดงออกของยีนในแบคทีเรีย

ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพที่สูงขึ้นอาจจำเป็นต้องใช้เมื่อ:

1. มีการสังเคราะห์สารจากดีเอ็นเอของจุลชีพก่อโรค ซึ่งอาจจะเพิ่มความรุนแรงได้ในสิ่งมีชีวิต GMO
2. ชิ้นส่วนดีเอ็นเอยังไม่เคยถูกศึกษาคุณลักษณะเฉพาะ เช่น ระหว่างการสร้าง genomic DNA library จากจุลชีพก่อโรค
3. ผลิตภัณฑ์จากยีนมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา
4. ผลิตภัณฑ์จากยีนเป็นสารพิษ

## พาหะยีนที่เป็นไวรัสสำหรับการขนถ่ายยีน

พาหะยีนที่เป็นไวรัส (viral vector) เช่น adenovirus vectors ได้ถูกใช้สำหรับการขนถ่ายยีนเข้าสู่เซลล์อื่นพาหะเหล่านี้ไม่มียีนที่จำเป็นสำหรับการเพิ่มจำนวนจึงต้องเพิ่มจำนวนในเซลล์เพาะเลี้ยงการเก็บสำรองพาหะเหล่านี้อาจมีการปนเปื้อนด้วยไวรัสที่สามารถเพิ่มจำนวนได้ซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการ-spontaneous recombination ในเซลล์เพาะเลี้ยงหรืออาจได้มาจากขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ที่ไม่ดีพอ ดังนั้นพาหะเหล่านี้ควรได้รับการจัดการในที่มีความปลอดภัยทางชีวภาพระดับเดียวกับไวรัสต้นแบบ

## การประเมินความเสี่ยงสำหรับสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม

การประเมินความเสี่ยงสำหรับงาน GMO ควรพิจารณาในคุณลักษณะของสิ่งมีชีวิตผู้ให้ (donor organism) และเซลล์เจ้าบ้าน (host หรือ recipient organism) ตัวอย่างของคุณลักษณะที่ต้องได้รับการพิจารณามีดังต่อไปนี้

### ความอันตรายที่เกิดขึ้นโดยตรงจากยีนที่ใส่ (สิ่งมีชีวิตผู้ให้; donor organism)

การประเมินมีความจำเป็นในกรณีผลิตภัณฑ์ยีนที่ใส่เข้าไปในนั้นมีคุณสมบัติทางด้านชีวภาพและเภสัชวิทยา ที่อาจทำให้เกิดอันตรายได้ ตัวอย่างเช่น

1. สารพิษ
2. ไซโตไคน์ (cytokines)
3. ฮอรโมน
4. สารควบคุมการแสดงออกของยีน (gene expression regulators)
5. ยีนหรือสารควบคุมความรุนแรงของเชื้อ (virulence factors หรือ enhancers)
6. ยีนก่อมะเร็ง
7. ยีนต่อต้านยาปฏิชีวนะ
8. สารก่อภูมิแพ้

การพิจารณาสถานการณ์เหล่านี้ควรจะรวมไปถึงการประเมินระดับของการแสดงปฏิกิริยาทางชีวภาพและเภสัชวิทยาด้วย

### อันตรายที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เจ้าบ้าน (host หรือ recipient organism)

1. ความไวของเซลล์เจ้าบ้าน
2. ความสามารถในการก่อโรคของเซลล์เจ้าบ้านได้แก่ ความรุนแรงการติดเชื้อและการสร้างสารพิษ

3. การเปลี่ยนแปลงของ host range
4. สถานะภูมิคุ้มกันของผู้รับ
5. ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการสัมผัส

### อันตรายที่เกิดจากการดัดแปลงเชื้อก่อโรค

โดยธรรมชาติยีนอาจไม่ได้สร้างสารที่เป็นอันตรายแต่หากถูกดัดแปลงอาจก่อโรคได้ ข้อควรคำนึงในการจำแนกอันตรายเหล่านี้ เช่น

1. มีการติดเชื้อหรือก่อให้เกิดโรคเพิ่มหรือไม่
2. มีการเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมใดบ้างในตัวผู้รับที่เป็นผลจากการใส่ยีนแปลกปลอมลงไป
3. ยีนแปลกปลอมเป็นตัวก่อให้เกิดโรคจากจุลชีพตัวอื่นหรือไม่
4. ถ้ายีนแปลกปลอมเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดโรค มีการคาดการณ์หรือไม่ว่า ยีนนี้จะสามารถ นำไปสู่การก่อให้เกิดโรคของ GMO หรือไม่
5. กรณีเกิดการติดเชื้อ หรือเป็นโรค มีวิธีการรักษาหรือไม่
6. ความไวของสิ่งมีชีวิตที่ดัดแปลงพันธุกรรมต่อยาปฏิชีวนะหรือการรักษา มีผลกระทบมาจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมหรือไม่
7. การทำลายสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมเป็นไปได้หรือไม่

### ข้อควรคำนึงเพิ่มเติม

การทดลองที่เกี่ยวกับการดัดแปลงพันธุกรรมจุลชีพ ควรมีการพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วนผู้ทดลองต้องทำตามข้อกำหนดสำหรับการทดลองที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตที่ดัดแปลงพันธุกรรมของประเทศหรือสถาบันอย่างเคร่งครัดหน่วยงานหรือสถาบันที่มีกิจกรรมเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมควรมีการจัดตั้งคณะกรรมการดังนี้

**คณะกรรมการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับหน่วยงาน (Institutional Biosafety Committee; IBC)** เพื่อทำหน้าที่สำคัญในการพิจารณา ให้คำแนะนำและตรวจสอบการดำเนินงานหรือโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่รวมทั้งมีบทบาทในการตรวจสอบมาตรฐานของห้องปฏิบัติการ และการหลุดรอดของสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมจากห้องปฏิบัติการ เพื่อให้เป็นไปตามแนวทางปฏิบัติความปลอดภัยทางชีวภาพ ทั้งนี้ให้หมายรวมถึงคณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพตามกฎหมายว่าด้วยเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ด้วย



### คณะกรรมการเทคนิคด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ (Technical Biosafety Committee; TBC)

เพื่อทำหน้าที่ให้คำปรึกษาด้านเทคนิคในการดำเนินกิจกรรมเกี่ยวกับการวิจัยด้านเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ให้เป็นไปตามแนวทางปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางชีวภาพ รวมถึงการบ่งชี้ประเภทของงานที่มีระดับความเสี่ยงอันตรายที่ยังไม่มีความแน่ชัด ตลอดจนทำหน้าที่ประสานงานกับหน่วยงานที่มีหน้าที่ควบคุมสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม และเป็นแกนกลางในการประสานงานควบคู่กับการสร้างขีดความสามารถของคณะกรรมการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับสถาบัน (IBC)

การจำแนกประเภทการวิจัยและทดลองเกี่ยวกับเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่และคำแนะนำในการดำเนินการสำหรับห้องปฏิบัติการ เพื่อความปลอดภัยทางชีวภาพทั้งต่อผู้ปฏิบัติงานชุมชนและสิ่งแวดล้อมสามารถดูรายละเอียดได้จาก แนวทางปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่จัดทำโดยศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

การประเมินความเสี่ยงก่อนการปฏิบัติงานทดลองเกี่ยวกับการดัดแปลงพันธุกรรมจุลชีพเป็นสิ่งจำเป็น โดยต้องคำนึงถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ทั้งทางตรงหรือทางอ้อมรวมถึงการเกิดผลกระทบตามมาภายหลังการทดลองซึ่งอาจเป็นผลจากการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการใช้สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมหน่วยงานต้องทำการประเมินความเสี่ยงอย่างเหมาะสมและครอบคลุม เพื่อให้มั่นใจว่าเทคโนโลยีการดัดแปลงพันธุกรรมจะไม่ก่อให้เกิดโทษต่อมนุษยชาติในอนาคตสำหรับรายละเอียดการประเมินความเสี่ยงสามารถดูรายละเอียดได้จากบทที่ 10 การบริหารจัดการความเสี่ยงทางชีวภาพ



---

## บทที่ 18

### การจัดการสารเคมีของห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ (Chemical Management)

---

ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพนอกจากจะได้รับอันตรายจากจุลชีพหรือสารชีวภาพแล้วยังอาจเกิดอันตรายจากสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการอีกด้วยดังนั้นจึงต้องมีความรู้ด้านสารเคมี เกี่ยวกับชนิด การเก็บรักษา การใช้งาน ลักษณะการเกิดอันตรายของสารที่ใช้ เป็นต้น คุณสมบัติของสารเคมีเหล่านี้ปรากฏอยู่ในเอกสารข้อมูลความปลอดภัยสารเคมี (Material Safety Data Sheet; MSDS) ซึ่งเป็นเอกสารที่แสดงข้อมูลของสารเคมีหรือเคมีภัณฑ์เกี่ยวกับลักษณะความเป็นอันตราย พิษ วิธีใช้ การเก็บรักษา การขนส่ง การกำจัด และการจัดการอื่นๆ เพื่อให้การดำเนินการเกี่ยวกับสารเคมีนั้นเป็นไปอย่างถูกต้องและปลอดภัยสามารถขอได้จากบริษัทผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายในปัจจุบันตามประกาศของสหประชาชาติ เรื่องระบบการจำแนกและการติดฉลากสารเคมีที่เป็นระบบเดียวกันทั่วโลก (The Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals; GHS) เพื่อให้เกิดความสอดคล้องและเป็นระบบเดียวกัน ได้กำหนดให้เรียกว่า Safety Data Sheet (SDS) พร้อมกับได้กำหนดรูปแบบและข้อมูลใน SDS ไว้ 16 หัวข้อ โดยมีหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมี และบริษัทผู้ผลิตและหรือจำหน่าย (identification of the substances/preparation and of the company/undertake)
2. ข้อมูลระบุความเป็นอันตราย (hazards identification)
3. ส่วนประกอบและข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสม (composition/information on ingredients)
4. มาตรการปฐมพยาบาล (first aid measures)
5. มาตรการผจญเพลิง (fire fighting measures)
6. มาตรการจัดการเมื่อมีการหกหรือไหลของสารโดยอุบัติเหตุ (accidental release measures)
7. ข้อปฏิบัติในการใช้และการเก็บรักษา (handling and storage)
8. การควบคุมการรับสัมผัสและการป้องกันภัยส่วนบุคคล (exposure control/personal protection)
9. คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ (physical and chemical properties)
10. ความเสถียรและความไวต่อการเกิดปฏิกิริยา (stability and reactivity)
11. ข้อมูลด้านพิษวิทยา (toxicological information)
12. ข้อมูลเชิงนิเวศน์ (ecological information)
13. มาตรการการกำจัด (disposal considerations)
14. ข้อมูลสำหรับการขนส่ง (transport information)
15. ข้อมูลเกี่ยวกับกฎข้อบังคับ (regulatory information)
16. ข้อมูลอื่น (other information)

## การจัดกลุ่มสารเคมี

การจัดกลุ่มสารเคมี อาจจำแนกได้ตามความไวต่อปฏิกิริยา และกำหนดให้สารที่เข้ากันไม่ได้ วางแยกเก็บให้ห่างจากกันอย่างเด็ดขาด สารเคมีหลายพันชนิดที่ใช้กันอยู่อาจแบ่งได้เป็น 6 กลุ่ม คือ

- สารไวไฟ (flammable chemicals)
- สารระเบิดได้ (explosive chemicals)
- สารเป็นพิษ (toxic chemicals)
- สารกัดกร่อน (corrosive chemicals)
- สารกัมมันตรังสี (radioactive chemicals)
- สารที่เข้ากันไม่ได้ (incompatible chemicals)

## หลักการเก็บสารเคมี

1. สถานที่เก็บสารควรเป็นสถานที่ปิดมิดชิด อยู่ภายนอกอาคาร ฝาผนังควรทำด้วยสารทนไฟปิดล็อกได้ และมีป้ายบอกอย่างชัดเจนว่า “สถานที่เก็บสารเคมี”
2. ภายในสถานที่เก็บสารเคมี ควรมีอากาศเย็นและแห้ง มีระบบถ่ายเทอากาศที่ดี และแดดส่องไม่ถึง
3. ชั้นวางสารเคมีภายในสถานที่เก็บสารเคมีต้องมั่นคง แข็งแรง ไม่มีการสั่นสะเทือน
4. ภาชนะที่บรรจุสารเคมี ต้องมีป้ายชื่อที่ทนทานติดอยู่พร้อมทั้งบอกอันตรายและข้อควรระวังต่างๆ
5. ภาชนะที่ใส่ต้องทนทานต่อความดัน การสีกกร่อนและแรงกระแทกจากภายนอก ควรมีภาชนะสำรอง ในกรณีที่เกิดการแตกหรือภาชนะรั่วจะได้เปลี่ยนได้ทันที
6. ภาชนะเก็บสารที่ใหญ่และหนักไม่ควรเก็บในที่สูงเพื่อจะได้สะดวกในการหยิบใช้
7. ขวดไม่ควรวางบนพื้นโดยตรง หรือไม่ควรวางซ้อนบนขวดอื่นและมีระยะห่างกันพอสมควรระหว่างชั้นที่เก็บสารไม่ควรวางสารตรงทางแคบ หรือใกล้ประตูหรือหน้าต่าง
8. ไม่ควรจัดเรียงสารตามลำดับตัวอักษร ควรเก็บสารตามลำดับการเข้ามาก่อนหลัง และต้องใช้ก่อนหมดอายุ
9. ควรแยกเก็บสารเคมีในปริมาณน้อยโดยใช้ภาชนะบรรจุขนาดเล็ก บริเวณที่เก็บสารควรรักษาความสะอาดมีความเป็นระเบียบเรียบร้อยอย่างสม่ำเสมอ และมีการจัดเรียงอย่างมีระบบ
10. ต้องมีอุปกรณ์ดับเพลิง อุปกรณ์ป้องกันภัย และเครื่องปฐมพยาบาลพร้อมในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน

การเก็บสารเคมีต้องคำนึงถึงความไวในปฏิกิริยา การเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี (ดูรายละเอียดของสารเหล่านี้ได้ในภาคผนวก) และการหมดอายุของสารเคมีโดยสามารถดูได้จากฉลากข้างบรรจุภัณฑ์ แต่กรณีไม่มีการระบุไว้บนฉลาก ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

- (1) ตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพของสารเคมีว่าไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เช่น ความหนืด ความหนาแน่น สี pH ตามคุณลักษณะของสารเคมี
- (2) หาข้อมูลจากเว็บไซต์ของบริษัทผู้ผลิต
- (3) ติดต่อกับผู้จำหน่ายหรือผู้ผลิตสารเคมีนั้น ให้ออกเอกสารรับรองคุณภาพ และหรือกำหนดวันหมดอายุของเคมี
- (4) โดยปกติสารเคมีจะมีอายุการใช้งานเฉลี่ยประมาณ 2 ปี นับจากวันผลิตทั้งนี้ต้องเก็บอยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสม
- (5) ทำการทดสอบสารเคมีก่อนนำไปใช้ ว่าสามารถใช้ได้จริงโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการทดสอบ

### การเข้าสู่ร่างกายของสารเคมีและวิธีสังเกตอาการ

- 1) ระบบทางเดินหายใจ โดยการสูดดมไอระเหย ฝุ่นผง หรือละอองสารพิษ อาการเมื่อได้รับสารเคมีเข้าสู่ทางเดินหายใจ เช่น เกิดการระคายเคืองในทางเดินหายใจ แสบจมูก วิงเวียน และหากได้รับสารในความเข้มข้นหรือปริมาณมากอาจทำให้ปอดถูกทำลาย ผลในระยะยาวอาจเกิดมะเร็งปอด เป็นต้น
- 2) ทางปาก โดยการกินทั้งจากการตั้งใจและไม่ตั้งใจ อาการที่ได้รับสารทางนี้อาจเกิดการระคายเคืองต่อระบบลำไส้ ปวดท้อง แสบคอ ในระยะยาวอาจเกิดอันตรายต่ออวัยวะภายใน เช่น ตับ ไต หรือระบบเลือด รวมทั้งการสะสมของสารที่นำไปสู่การเป็นมะเร็งได้
- 3) ทางตา จากการที่สารในรูปของเหลว ไอระเหย หรือฝุ่นผงเข้าสู่ตาอาจทำให้เกิดการระคายเคืองที่ตา มีอาการแสบ หากได้รับในความเข้มข้นหรือปริมาณมากอาจทำให้ตาบอดได้
- 4) ทางผิวหนัง แบ่งเป็น 2 วิธี คือ โดยการซึมผ่านจากการสัมผัสที่ผิวหนังและการฉีกหรือที่มแทง อาการจากการที่สารเคมีเข้าสู่ทางผิวหนังอาจเกิดการระคายเคือง ผิวหนังถูกทำลายถาวร และอาจเกิดมะเร็งผิวหนัง เป็นต้น

### การจัดการกับสารเคมีหกหล่นในห้องปฏิบัติการ

สำหรับแนวทางปฏิบัติในการกำจัดสารที่ทำหกหล่น หากเป็นสารเคมีอันตรายและทำหกเป็นปริมาณมากควรคำนึงถึงการระเบิด การติดไฟ ความเป็นพิษ และการขาดออกซิเจนสำหรับหายใจเมื่อพิจารณาว่าสารเคมีชนิดนั้นคืออะไร เป็นของแข็งหรือของเหลวทำหกบริเวณใดบนพื้น บนดินหรือน้ำ มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ ปริมาณที่ทำหก สภาพแวดล้อมใกล้เคียง และอันตรายที่อาจเกี่ยวข้อง เพื่อการดำเนินการทำความสะอาดและกำจัดตามขั้นตอนอย่างถูกต้องเหมาะสม โดยทั่วไปถ้าเป็นของเหลวจะใช้ตัวดูดซับเฉพาะหรือใช้ทรายดูดซับในบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุแล้วรวบรวมนำไปกำจัดด้วยวิธีที่เหมาะสม ระวังไม่ให้มีการสัมผัสร่างกายโดยตรงหรือการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองหรือไอระเหย ห้องปฏิบัติการควรมีขั้นตอนดำเนินการสำหรับสารเคมีที่หก ดังนี้



### การเตรียมวัสดุอุปกรณ์สำหรับการจัดการสารเคมีที่หก ได้แก่

1. วัสดุดูดซับ เช่น ทราายแห้ง ขี้เลื่อย กระดาษซับแผ่นใหญ่ ฟองน้ำ
2. อุปกรณ์ตัก กวาด รองรับสารที่หกหล่น เช่น แปรงขนแข็ง ถาดพลาสติก
3. สารเคมีสำหรับการสะเทิน เช่น โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate) และโซเดียมไบซัลเฟต (sodium bisulfate) ซึ่งต้องดำเนินการโดยผู้ที่ได้รับมอบหมายเท่านั้น และเตรียมวิธีการทำลายสารเคมีและวัสดุดูดซับที่ใช้แล้ว
4. อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมกับชนิดของสารเคมี

### การจัดการทั่วไปเมื่อมีสารเคมีหกหล่น ได้แก่

1. แจ้งเตือนเจ้าหน้าที่ผู้ที่มีโอกาสสัมผัสให้ทราบถึงบริเวณที่มีสารเคมีหกหล่นกันให้ผู้ไม่เกี่ยวข้องออกจากพื้นที่
2. เมื่อมีสารเคมีหกในปริมาณน้อย (น้อยกว่า 10 มิลลิตร) ใช้กระดาษซับทั้งในลักษณะที่เหมาะสม หากหกในปริมาณมากและเป็นสารไม่ไวไฟและไม่ระเหย ให้ใช้สารดูดซับ ถ้าเป็นกรดใช้ตัวสะเทินปฏิกิริยา (neutralizer) เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนต
3. หากสารไวไฟหก ต้องปิดแหล่งความร้อนและประกายไฟ
4. ระหว่างการเก็บและทำความสะอาดพื้นที่ ต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตราย เช่น หน้ากาก และถุงมือ
5. ใช้วัสดุดูดซับ เช่น ทราาย กระดาษซับ หรือฟองน้ำ ในการดูดซับหรือป้องกันการกระจายของสารเคมีของเหลว
6. ตักสารเคมีที่หกหรือวัสดุดูดซับสารเคมีที่ใช้แล้ว ใส่ภาชนะที่เหมาะสม ระบุฉลากให้ชัดเจนว่าดูดซับสารเคมีอะไร ปริมาณประมาณเท่าใด
7. วัสดุที่ดูดซับสารเคมีที่ระเหยง่าย นำไปไว้ในตู้ดูดควันให้สารเคมีระเหยไปก่อน แต่ต้องระวังการเกิดประกายไฟ
8. เมื่อกำจัดสารเคมีที่หกแล้ว ควรทำความสะอาดพื้นที่ให้สะอาด โดยใช้ไม้ถูพื้นด้ามยาว

## เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. Laboratory biosafety manual. 3rd ed. Geneva: 2004.
2. Cdc.gov [internet]. Biosafety in microbiological and biomedical laboratories. 5th ed. 2007[cited 2017 Sep. 3]. Available from: <https://www.cdc.gov/biosafety/publications/bmbl5/bmbl.pdf>
3. สุมล ปวีตรานนท์, ศิริพรรณ วงศ์วานิช, อรอนงค์ รัชตราชนชัย, บรรณาธิการ. แนวทางการดำเนินการ ความมั่นคงด้านชีวภาพทางห้องปฏิบัติการ. นนทบุรี: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข; 2552.
4. จุฬาลักษณ์ บางเหลือ. โครงสร้างพื้นฐานสำหรับห้องปฏิบัติการ. ใน: วงศ์วรุตม์ บุญญานุโกมล, บรรณาธิการ. คู่มือความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ (Manual of Laboratory Safety) ห้องปฏิบัติการ กลางสำหรับการเรียนการสอนและวิจัย โครงการจัดตั้งวิทยาเขตอำนาจเจริญ มหาวิทยาลัยมหิดล. อำนาจเจริญ: มหาวิทยาลัยมหิดล; 2557. หน้า 4 –15.
5. กรมวิทยาศาสตร์บริการกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. คู่มือปฏิบัติด้านความปลอดภัย ห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์บริการ. กรุงเทพฯ: กรมวิทยาศาสตร์บริการกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี; 2558.
6. กำธร มาลาธรรม, สุสันท์ อาศนะเสน, บรรณาธิการ. คู่มือการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อใน โรงพยาบาล. นนทบุรี: สถาบันบำราศนราดูร กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข: โรงพิมพ์ชุมนุม สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2556.
7. สำนักโรคติดต่ออุบัติใหม่ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือการสวมใส่และถอดชุดป้องกันตน (Donning and Removing Personal Protective Equipment) สำหรับผู้ปฏิบัติงานป้องกันและ ควบคุมโรคของกระทรวงสาธารณสุข: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2552.
8. วิษณุ ธรรมลิขิตกุล, บรรณาธิการ. เวชบันทึกศิริราช. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาอายุรศาสตร์คณะ แพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาลมหาวิทยาลัยมหิดล; 2554.
9. ฐนิตา ทวีธรรมเจริญ. โครงการพัฒนาสูตรน้ำยาฆ่าเชื้อที่มี Chlorhexidine และส่วนผสม [Internet]. 2009[cited 2016 Dec 14]. Available from: [http://www.si.mahidol.ac.th/km/admin/add\\_information/star/star\\_files/337\\_1.pdf](http://www.si.mahidol.ac.th/km/admin/add_information/star/star_files/337_1.pdf)
10. คณะอนุกรรมการความปลอดภัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล. แนวปฏิบัติด้านอนามัย สิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ทองสุขพรินทร์; 2555
11. สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือการฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานมูลฝอยติดเชื้อ หลักสูตรการป้องกันและระงับการแพร่เชื้อหรืออันตรายที่อาจเกิดจากมูลฝอยติดเชื้อ. พิมพ์ครั้งที่ 3. นนทบุรี: โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ; 2558.

12. กลุ่มพัฒนาระบบบริหารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.แผนบริหารความเสี่ยงต่อปฏิบัติการ (Operations) จากภาวะฉุกเฉิน กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ประจำปี พ.ศ. 2556.นนทบุรี: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข; 2556.
13. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเฉลิมพระเกียรติหัวเฉียว. คู่มือความปลอดภัยใน ห้องปฏิบัติการ. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ; 2554.
14. สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือการประเมิน ความเสี่ยงจากการทำงานของบุคลากรในโรงพยาบาล (ฉบับปรับปรุงแก้ไข พ.ศ. 2554).นนทบุรี: โรงพิมพ์ ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2554.
15. สำนักงานวิจัย วิชาการและนวัตกรรม. แนวปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี; 2559.
16. คณะกรรมการเทคนิคด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. แนวทางปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 9. ปทุมธานี: บริษัท พี.เอ.ลีฟวิ่ง; 2559.
17. ชลภัทร สุขเกษม, สุดา ลุยศิริโรจนกุล, สหพัฒน์ บริศรัรักษ์มวิทวัช วิริยะรัตน์, บรรณาธิการ.ความปลอดภัยและความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการทางการแพทย์และสัตว์แพทย์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์อักษรสมัย (1999); 2554.
18. TanitaThaweethamcharoen, M. Pharm, SiriwanSasithornrojanachai. Confidence in the Daily use of Antiseptic Alcohol. Siriraj Med J 2009; 61: 78-81.
19. Center for Disease Control and Prevention. Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities.In: William AR, David JW, editors. Atlanta; 2008.p 42, 96.
20. World Health Organization. Guidance on regulations for the Transport of Infectious Substances 2015–2016. WHO/HSE/GCR/2015.2.
21. Medi.moph.go.th. [internet]. Available from: [http://medi.moph.go.th/kpi/DATAKPI/st\\_51.pdf](http://medi.moph.go.th/kpi/DATAKPI/st_51.pdf)
22. สุวิทย์ แวนเกตุ. ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (Biological Indicator). [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ ก.ค. 2560]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.cssd-gotoknow.org/2015/02/biological-indicator.html>
23. Disaster.go.th. [internet]. Available from: [www.disaster.go.th/th/download-src.php?did=1107](http://www.disaster.go.th/th/download-src.php?did=1107)
24. Shawpat.or.th. [internet]. Available from: [www.shawpat.or.th](http://www.shawpat.or.th)
25. CWA 15793:2011 Laboratory biorisk management standard.[internet].[cited 2017 July 10]. Available from: [http://www.uab.cat/doc/CWA15793\\_2011](http://www.uab.cat/doc/CWA15793_2011)
26. ISO15190:2003 Medical laboratories--Requirements for safety.[internet]. [cited 2017 June 25]. Available from: [http://med.mahidol.ac.th/patho/sites/default/files/u2/patho/Doc\\_Form/ISO15190Y20030.pdf](http://med.mahidol.ac.th/patho/sites/default/files/u2/patho/Doc_Form/ISO15190Y20030.pdf)

27. ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรมเรื่องคู่มือการเก็บรักษาสารเคมีและวัตถุอันตราย พ.ศ. 2550. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ มิ.ย. 2560]. เข้าถึงได้จาก: <http://eis.diw.go.th/haz/hazard/pdf/pagad-kep-2550.pdf>
28. คณิ อุ่นจิตติ. ความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการ. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี: สำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์; 2550.
29. Biorisk management Laboratory biosecurity guidance. World Health Organization. [Internet]. [Cited 2017 June 15]. Available from: [http://www.who.int/csr/resources/publications/biosafety/WHO\\_CDS\\_EPR\\_2006\\_6.pdf](http://www.who.int/csr/resources/publications/biosafety/WHO_CDS_EPR_2006_6.pdf)
30. คู่มือการประเมินคุณภาพการจัดการมูลฝอยติดเชื้อสำหรับโรงพยาบาล. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 28 ก.ย. 2560]. เข้าถึงได้จาก: <http://env.anamai.moph.go.th/download/download/pdf/2557/>.
31. คู่มือการสวมใส่และถอดชุดป้องกันตน (Donning and Removing Personal Protective Equipment) สำหรับผู้ปฏิบัติงานป้องกันและควบคุมโรคของกระทรวงสาธารณสุข. สำนักโรคติดต่ออุบัติใหม่ กรมควบคุมโรค. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 10 มิ.ย. 2560]. เข้าถึงได้จาก: [http://beid.ddc.moph.go.th/media/document\\_detail.php?id=46](http://beid.ddc.moph.go.th/media/document_detail.php?id=46)





## ภาคผนวก

### การจัดแยกประเภทสารเคมีตามการเข้ากันไม่ได้ (Incompatibility)

สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ คือ สารเคมีที่ทำปฏิกิริยากันแล้วก่อให้เกิดอันตราย อันตรายที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากการเกิดปฏิกิริยากันให้สารที่ไวไฟ ก๊าซพิษ หรือให้สารที่เกิดการระเบิดได้ เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการควรมีความรู้ความเข้าใจ และทราบว่าสารเคมีใดบ้างที่เข้ากันไม่ได้ ดังตารางแสดงสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ (incompatible chemical) ดังนี้

สารเคมี	สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้
1. acetic acid	chromic acid, ethylene glycol, nitric acid, hydroxyl compounds, perchloric acid, peroxides, permanganates
2. acetone	concentrate sulphuric, nitric acid mixtures
3. acetylene	chlorine, bromine, copper, fluorine, silver, mercury
4. alkali and alkaline earth metals	water, chlorinated hydrocarbons, carbon dioxide, halogens, alcohols, aldehydes, ketones, acids
5. aluminium (powdered)	chlorinated hydrocarbons, halogens, carbondioxide, organic acids
6. anhydrous ammonia	mercury, chlorine, calcium hypochlorite, iodine, bromine, hydrofluoric acid
7. ammonium nitrate	acid, hydrogen peroxide acids, metal powders, flammable liquids, chlorates, nitrites, sulphur, finely divided organic combustible materials
8. arsenic compounds	reducing agents
9. azides	acids
10. bromine	ammonia, acetylene, butadiene, hydrocarbons, hydrogen, sodium, finely-divided metals, turpentine, other hydrocarbons
11. calcium carbide	water, ethanol
12. calcium oxide	water
13. carbon	activated calcium hypochlorite, oxidizing agents

สารเคมี	สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้
14. chlorates ammonium	salts, acids, metal powders, sulphur, finely-divided organic or combustible materials
15. chromic acid	acetic acid, naphthalene, camphor, glycerin, turpentine, alcohols, flammable liquids
16. chlorine dioxide	ammonia, methane, phosphine, hydrogen sulfide
17. chlorine	ammonia, acetylene, butadiene, hydrocarbons, hydrogen, sodium, finely-divided metals, turpentine, other hydrocarbons
18. copper	acetylene, hydrogen peroxide
19. cumene hydroperoxide	acid, organic or inorganic
20. cyanides	acids
21. flammable liquids ammonium	nitrate, chromic acid, hydrogen peroxide, nitric acid, sodium peroxide, halogens
22. hydrocarbons	fluorine, chlorine, bromine, chromic acid, sodium peroxide
23. hydrocyanic acid	nitric acid, alkali
24. hydrofluoric acid	aqueous or anhydrous ammonia
25. hydrogen peroxide	copper, chromium, iron, most metals or their salts, alcohol, acetone, organic materials, aniline, nitromethane, flammable liquids, oxidizing gases
26. hydrogen sulphide fuming	nitric acid, oxidizing gases
27. hypochlorites	acid, activated carbon
28. iodine	acetylene, ammonia (aqueous or anhydrous), hydrogen
29. mercury	acetylene, fulminic acid, ammonia
30. mercuric oxide	sulphur
31. nitrates	sulphuric acid
32. nitric acid (conc.)	acetic acid, aniline, chromic acid, hydrocyanic acid, hydrogen sulphide, flammable liquids, flammable gases
33. oxalic acid	silver, mercury

สารเคมี	สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้
34. perchloric acid	acetic anhydride, bismuth and its alloys, ethanol, paper, wood
35. peroxides (organic)	acids, avoid friction or shock
36. phosphorus (white)	air, alkalines, reducing agents, oxygen
37. potassium	carbon tetrachloride, carbon dioxide, water, alcohol, acids
38. potassium chlorate	acids
39. potassium perchlorate	acids
40. potassium permanganate	glycerin, ethylene glycol, benzaldehyde, sulphuric acid
41. selenides	reducing agents
42. silver	acetylene, oxalic acid, tartaric acid, ammonium compound, fulminic acid
43. sodium	carbon tetrachloride, carbon dioxide, water
44. sodium peroxide	ethanol, methanol, glacial acetic acid, acetic anhydride, benzaldehyde, carbon disulfide, glycerin, ethylene glycol, ethyl acetate, methyl acetate, furfural
45. sulphides	acids
46. sulphuric acid	potassium chlorate, potassium perchlorate, potassium permanganate or compounds with similar light metals, such as sodium, lithium
47. tellurides	reducing agents
48. zinc powder	sulphur





กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์  
Department of Medical Sciences

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

88/7 ซ.บำรุงนราทร ถ.ติวานนท์ ต.ตลาดขวัญ

อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000

โทรศัพท์ : 0-2951-0000 ,0-2589-9850-8