



กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
Department of Medical Sciences

คู่มือความปลอดภัย

ทางห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ



กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์



กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
Department of Medical Sciences

คู่มือความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการ ด้านชีวภาพ

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
ฉบับปรับปรุง 2565

คำนำ

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ มีภารกิจเกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนา การตรวจชั้นสูตร และการเป็นห้องปฏิบัติการอ้างอิงด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์และสาธารณสุข เพื่อสร้างเสริมสุขภาพที่ดีของประชาชน รวมทั้งสนับสนุนการแก้ไขปัญหาสาธารณสุขของประเทศ ซึ่งการดำเนินงานได้มุ่งเน้นความปลอดภัยให้กับบุคลากรกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ผู้เกี่ยวข้อง ประชาชน ชุมชน และสิ่งแวดล้อม และจากสถานการณ์การระบาดของโรคในปัจจุบัน ทั้งโรคอุบัติใหม่ โรคอุบัติซ้ำ หรือโรคข้ามพรมแดน ดังนั้นกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ซึ่งมีบทบาทหลักในการตรวจวินิจฉัยทางห้องปฏิบัติการ จึงมีความจำเป็นที่ผู้ปฏิบัติงานต้องปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด เพื่อลดความเสี่ยงและอันตรายต่างๆที่อาจเกิดขึ้นได้ขณะปฏิบัติหน้าที่

คณะทำงานความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพภายใต้คณะอนุกรรมการบริหารความเสี่ยงและความมั่นคงปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการ ได้ปรับปรุงคู่มือความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ (ฉบับ 2563) ให้มีเนื้อหาที่ครอบคลุมและสอดคล้องกับสถานการณ์ด้านโรคในปัจจุบัน เพิ่มเติมประกาศของกระทรวงสาธารณสุข รวมทั้งกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้คู่มือความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ ฉบับปรับปรุง 2565 สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานของบุคลากรในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ ได้อย่างปลอดภัยตามตามสถานการณ์ของโรคติดต่อในปัจจุบัน

คณะทำงานความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ
กันยายน 2565

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ข
สารบัญ	ค
นิยาม คำย่อ	ง
บทที่ 1 หลักความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (laboratory biosafety)	1
บทที่ 2 หลักความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (laboratory biosecurity)	4
บทที่ 3 สัญลักษณ์และป้ายเตือนที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย (safety signs and labels)	9
บทที่ 4 ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพของห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์และวิธีการปฏิบัติงาน (biosafety level and practice)	15
บทที่ 5 ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับอาคารเลี้ยงดูแลสัตว์ทดลอง (animal biosafety level, ABSL)	38
บทที่ 6 การจัดการลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ (laboratory design)	43
บทที่ 7 ระบบบริหารจัดการความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ (laboratory biosafety management)	53
บทที่ 8 เครื่องมือที่มีผลต่อความปลอดภัยทางชีวภาพ (safety equipment)	61
บทที่ 9 อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (personal protective equipment: PPE)	75
บทที่ 10 การบริหารจัดการความเสี่ยงทางชีวภาพ (biorisk management)	93
บทที่ 11 น้ำยาฆ่าเชื้อโรค (disinfectant)	99
บทที่ 12 การขนส่งสารชีวภาพอันตราย (infectious substances transportation)	109
บทที่ 13 การจัดการขยะติดเชื้อ (infectious waste management)	113
บทที่ 14 การเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับภาวะฉุกเฉิน (emergency response)	121
บทที่ 15 อาชีวอนามัย (occupation health)	127
บทที่ 16 การปฐมพยาบาลเบื้องต้น (first aid)	135
บทที่ 17 ความปลอดภัยทางชีวภาพและเทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรม (biosafety and recombinant DNA technology)	140
บทที่ 18 การจัดการสารเคมีของห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์ (chemical management)	146
เอกสารอ้างอิง	150
ภาคผนวกการจัดแยกประเภทสารเคมีตามการเข้ากันไม่ได้ (incompatibility)	154

นิยาม คำย่อ

คำศัพท์/คำย่อ	นิยาม
accidental release measures	มาตรการจัดการเมื่อมีการหกรั่วไหลของสารโดยอุบัติเหตุ
administrative control	การควบคุมด้านการบริหาร
administrative control	การควบคุมด้านการบริหาร
airborne particles หรือ aerosol	อนุภาคที่แขวนลอยในอากาศ
airflow smoke patterns test	การทดสอบรูปแบบการไหลของอากาศ
air-purifying respirator	หน้ากากกรองอากาศ
animal biosafety level (ABSL)	ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับอาคารเลี้ยงดูแลสัตว์ทดลอง
anteroom	ห้องเฉลี่ย
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 (BSL1)	ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 1

คำศัพท์/คำย่อ	นิยาม
biosafety level1 (BSL2)	ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 2
biosafety level1 (BSL3)	ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 3
biosafety level1 (BSL4)	ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 4
body protection	อุปกรณ์ป้องกันร่างกาย
breathing hose หรือ air hose	ท่อหายใจ
canopy	ท่อระบายอากาศแบบชุดฝาครอบดูดควัน
canopy connection	การต่อผ่านชุดฝาครอบดูดควัน
carriers	กระสวย
cd/m ²	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
downflow 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 substance/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	กลุ่มเสี่ยงต่อโรคตามกลุ่มเสี่ยง
risk mitigation	การจัดการลดความเสี่ยง
safety equipment	อุปกรณ์เครื่องมือเพื่อความปลอดภัย
safety glasses	แว่นตานิรภัย
safety goggles	ครอบตานิรภัย
safety zone	เขตปลอดภัย
SDS	safety data sheet
seated workstation	สถานีงานที่ต้องนั่งทำงาน
self-contained breathing apparatus (SCBA)	เครื่องช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศ
severity	ความรุนแรงของโรค
shelf-life	อายุการเก็บ
site installation assessment test	การประเมินการติดตั้ง
sit-stand workstation	สถานีงานที่ต้องนั่งและยืนทำงาน
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	ชิ้น
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
workplace practices หรือ standard operating procedure	มาตรฐานการปฏิบัติงาน

คำศัพท์/คำย่อ	นิยาม
workers	ผู้ปฏิบัติงานในขณะทำงาน
working environment	สภาพสิ่งแวดล้อมของการทำงาน
workspace	เนื้อที่ปฏิบัติงานหรือพื้นที่การทำงาน
workstation	จุดปฏิบัติงานหรือสถานีงาน

บทที่ 1

หลักความปลอดภัยชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (Laboratory Biosafety)

ห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพทำงานกับสิ่งส่งตรวจจากทั้งมนุษย์และสัตว์ และ/หรือสารชีวภาพอันตราย ดังนั้นบุคลากรในห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (laboratory biosafety) เพื่อป้องกันผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการและผู้เกี่ยวข้องจากการติดเชื้อหรือการสัมผัสกับสารชีวภาพอันตราย และป้องกันไม่ให้สารชีวภาพอันตรายแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมนอกห้องปฏิบัติการโดยไม่ได้ตั้งใจ

สารชีวภาพอันตราย (biological hazard หรือ biohazard) หมายถึงสารที่มีต้นกำเนิดจากสิ่งมีชีวิตและเกิดโทษกับมนุษย์และ/หรือสัตว์ ได้แก่ จุลชีพก่อโรค เช่น ไวรัส แบคทีเรีย รา รวมทั้งสารพิษและสารก่อภูมิแพ้ที่เป็นผลผลิตหรือสร้างขึ้นจากจุลชีพหรือสัตว์ 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 ง27 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 ด้านที่เหมาะสม ดังนี้

1. **การควบคุมด้านวิศวกรรม (engineering control)** ได้แก่ การจัดโครงสร้างทางวิศวกรรมและกายภาพของห้องปฏิบัติการ ให้เหมาะสมกับระดับความรุนแรงของจุลชีพก่อโรค ซึ่งถือว่าเป็นปราการด่านแรก (primary barrier) ในการป้องกันการติดเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เช่น การแยกห้องปฏิบัติการตามระดับความเสี่ยงของจุลชีพก่อโรค ระบบควบคุมการเข้าออกห้องปฏิบัติการ ระบบไหลเวียนอากาศ ระบบน้ำประปาไฟฟ้า รวมถึงการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ความปลอดภัย เช่น ตู้ชีวนิรภัย เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง 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 ขั้นตอนการปฏิบัติในการเข้าและออกห้องปฏิบัติการ วิธีปฏิบัติเมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน เป็นต้น โดยวิธีปฏิบัติมาตรฐานที่เขียนต้องเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน คำนึงถึงความปลอดภัยและลดความเสี่ยงจากการติดเชื้อเมื่อปฏิบัติงาน

4. อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (personal protective equipment; PPE) การเลือกอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสมจะช่วยป้องกันผู้ปฏิบัติงานจากการติดเชื้อ การสัมผัสจุลชีพหรือสารชีวภาพอันตราย โดยต้องคำนึงถึง ชนิดวัสดุของอุปกรณ์ป้องกัน ช่องทางการสัมผัสหรือการเข้าสู่ร่างกายของจุลชีพ ระยะเวลาและความถี่ในการปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับผู้สวมใส่ และต้องมีขนาดเหมาะสมกับรูปร่างของผู้สวมใส่ เพื่อความสะดวกสบายในการสวมใส่ และไม่ขัดขวางการปฏิบัติงาน

การจัดการควบคุมทั้ง 4 ด้านดังกล่าว นำไปสู่การจัดระดับความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 1 (biosafety level1, BSL1)
2. ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 2 (biosafety level2, BSL2)
3. ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 3 (biosafety level3, BSL3)
4. ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 4 (biosafety level4, BSL4)

รายละเอียดห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยแต่ละระดับ โปรดดูรายละเอียดในบทที่ 4 ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพของห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์และวิธีการปฏิบัติงาน

บทที่ 2

การรักษาความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (Laboratory Biosecurity)

บุคลากรในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพที่ทำงานกับสิ่งส่งตรวจจากผู้ป่วยและ/หรือสารชีวภาพอันตราย นอกจากต้องปฏิบัติตามหลักความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (laboratory biosafety) เพื่อป้องกันผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อมจากการปนเปื้อน หรือสัมผัสสารชีวภาพอันตราย ยังต้องปฏิบัติตามหลักการรักษาความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (laboratory biosecurity) ควบคู่ไปด้วย เพื่อป้องกันการขโมย หรือลักลอบนำสารชีวภาพอันตรายออกนอกห้องปฏิบัติการและนำไปใช้ผิดวัตถุประสงค์ ทำให้เกิดอันตรายต่อประชาชนหรือสังคมภายนอก เช่น การลักลอบนำไปทำอาวุธชีวภาพ เป็นต้น

การรักษาความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (laboratory biosecurity) หมายถึง ระบบการป้องกันและควบคุมกำกับสารชีวภาพอันตรายเพื่อป้องกันการเจตนาหรือจงใจลักลอบนำสารชีวภาพอันตรายออกนอกห้องปฏิบัติการเพื่อนำไปใช้ผิดวัตถุประสงค์ก่อให้เกิดอันตรายต่อประชาชนและสังคม หลักการความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ คือ การจัดระบบการป้องกัน การควบคุมกำกับ และ จัดทำบัญชีหรือมอบหมายผู้รับผิดชอบสารชีวภาพอันตรายและการเข้าถึงข้อมูลสำคัญของสารชีวภาพอันตราย

หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องจำแนกสารชีวภาพที่มีอยู่ในครอบครองหรือใช้งานออกเป็นกลุ่มเสี่ยง (risk group) 4 ระดับ ตามนิยามกลุ่มเสี่ยงขององค์การอนามัยโลก (รายละเอียดในบทที่ 1 หลักความปลอดภัยชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ) เพื่อจัดห้องปฏิบัติการหรือการจัดเก็บสารชีวภาพให้มีความปลอดภัยตามนิยามห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 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 จุลชีพก่อโรคและสารพิษกลุ่มนี้ถูกจัดเป็นกลุ่มพิเศษ เพราะไม่มีในธรรมชาติแต่เป็นจุลชีพที่ผ่านการตัดแต่งทางพันธุกรรมและมีแนวโน้มความเสี่ยงสูงในการนำไปใช้เป็นอาวุธชีวภาพ

หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องจัดให้มีระบบบริหารจัดการความมั่นคงด้านชีวภาพที่เหมาะสมกับสารชีวภาพที่ครอบครอง โดยบริหารจัดการองค์ประกอบ ดังนี้

1. การควบคุมด้านวิศวกรรม
2. การจัดทำบัญชีและมอบหมายผู้รับผิดชอบการบริหารงานบุคคล
3. การขนส่งสารชีวภาพ
4. การรักษาความปลอดภัยของข้อมูล
5. แผนปฏิบัติการฉุกเฉิน

การควบคุมด้านทางวิศวกรรม

การควบคุมด้านวิศวกรรมสำหรับการปฏิบัติงานหรือการเก็บรักษาสารชีวภาพตามระดับความเสี่ยงด้านความมั่นคงทางชีวภาพแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1. พื้นที่ปกป้องทรัพย์สิน ได้แก่ตัวอาคารที่มีประตูเปิดปิด มีการควบคุมการเข้าออกของบุคคล และยานพาหนะเป็นพื้นที่ใช้ปฏิบัติงานหรือเก็บสารชีวภาพที่มีความเสี่ยงต่ำ
2. พื้นที่ควบคุม ได้แก่ ห้องปฏิบัติการหรือห้องที่จัดไว้จำเพาะมีประตูปิดมิดชิด ตั้งอยู่ภายในตัวอาคาร (พื้นที่ปกป้องทรัพย์สิน) พื้นที่นี้ใช้จัดเก็บสารชีวภาพที่มีความเสี่ยงปานกลาง และ/หรือเอกสารสำคัญ มีการควบคุมการเข้าออก อนุญาตให้เข้าออกได้เฉพาะเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องมีระบบตรวจสอบหรือบันทึกการเข้าออกของบุคคล นอกจากนี้ต้องมีการกำหนดเวลาทำการ เมื่อหมดเวลาทำการต้องปิดล็อคประตูและหน้าต่าง เช่น ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 2 หรือ 3 เป็นต้น
3. พื้นที่หวงห้าม ได้แก่ บริเวณหวงห้ามที่อยู่ภายในพื้นที่ควบคุม พื้นที่นี้ต้องมีระบบควบคุมการเข้าออก มีระบบป้องกันและตรวจจับการบุกรุกเพื่อให้แน่ใจว่าเฉพาะเจ้าหน้าที่ผู้มีอำนาจหน้าที่เท่านั้นที่เข้าถึงได้ บริเวณนี้เหมาะสำหรับการปฏิบัติงานหรือเก็บรักษาสารชีวภาพที่มีความเสี่ยงสูง และความเสี่ยงสูงสุด เช่น ห้องหรือตู้เก็บสารชีวภาพ หรือตู้แช่แข็งที่มีกุญแจล็อคในห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 3 เป็นต้น

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

การจัดทำบัญชีและมอบหมายผู้รับผิดชอบ

1. หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องจัดให้มีพื้นที่ปฏิบัติงานหรือเก็บสารชีวภาพให้เหมาะสมกับระดับความเสี่ยงของสารชีวภาพ มีวิธีการควบคุมการเข้าถึงหรือใช้สารชีวภาพอย่างเหมาะสม สารชีวภาพต้องมีการติดฉลากมีการจัดทำบัญชีรายชื่อแยกเป็นรายการตามชนิด ระบุจำนวน สารชีวภาพที่ต้องควบคุมและต้องจัดทำบัญชี ได้แก่ จุลชีพก่อโรคในทุกรูปแบบสารพิษตัวอย่างจากผู้ป่วยที่พิสูจน์แล้วว่ามียุงชีวก่อโรค หรือสารพิษสารพันธุกรรมที่มีถิ่นเกี่ยวกับจุลชีพก่อโรค รวมถึงน้ำยาหรือสารมาตรฐานที่มีสารชีวภาพด้วย

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

ทั้งนี้การทำบัญชีสารชีวภาพควรมีข้อมูลสำคัญอย่างน้อย ดังนี้

- แหล่งที่มา วันเดือนปีที่ได้รับ ปริมาณที่ได้รับ
- เอกลักษณ์ของสารชีวภาพ เช่น ชนิดของสาร (ของแข็ง ของเหลว หรืออื่นๆ) ประวัติ

สายพันธุ์ เป็นต้น

- ระดับความเสี่ยงของสารชีวภาพ เช่น กลุ่มเสี่ยงของจุลชีพ (risk group 1-4) และระดับความเสี่ยงด้านความมั่นคงทางชีวภาพ(ความเสี่ยงต่ำ ความเสี่ยงปานกลาง หรือความเสี่ยงสูง)

- การเก็บรักษา ชนิดจำนวนของภาชนะบรรจุ และสถานที่หรือตำแหน่งที่เก็บรักษา
- ผู้รับผิดชอบในการใช้ การเก็บรักษา การจัดทำบัญชี
- บันทึกการใช้งาน
- การเคลื่อนย้ายหรือการแจกจ่ายสารชีวภาพ
- การทำลายข้อมูลที่บันทึกในบัญชีต้องถูกต้อง มีการทำลายเป็นระยะและข้อมูลต้องเป็น

ปัจจุบัน

3. หัวหน้าห้องปฏิบัติการมอบหมายหน้าที่ในการครอบครอง การนำเข้า การใช้ การเก็บรักษา การส่งออกสารชีวภาพ รวมถึงการเข้าถึงและการจัดทำบัญชีให้กับเจ้าหน้าที่ที่มีคุณสมบัติตรงตามที่ระบุไว้ตามกฎหมายว่าด้วยเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ และให้มีความเหมาะสมกับสารชีวภาพตามระดับความเสี่ยง การบันทึกการทดลองในห้องปฏิบัติการ เช่น ชนิดการทดลองผู้ทดลองวันและเวลาที่ทำการทดลองให้บันทึกในแฟ้มหรือสมุดบันทึกและถือเป็นเอกสารควบคุม บันทึกที่เกี่ยวข้องกับสารชีวภาพที่มีความเสี่ยงปานกลางขึ้นไปห้ามนำออกนอกพื้นที่ที่กำหนดไว้

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 หากพบว่ามีความบกพร่องหรือพบว่าเจ้าหน้าที่มีปัญหาครอบครัวหรือปัญหาสุขภาพจิตใจ ควรแก้ไขหรือเปลี่ยนให้ไปปฏิบัติหน้าที่อื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเจ้าหน้าที่ทำงานกับสารชีวภาพความเสี่ยงสูง

3. หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องให้การอบรมหรือจัดให้มีการอบรมแก่เจ้าหน้าที่ทุกระดับในเรื่องความปลอดภัยในการทำงานกับสารชีวภาพตามความเหมาะสมกับหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย สำหรับเจ้าหน้าที่ใหม่ต้องได้รับการปฐมนิเทศและฝึกรอบมก่อนปฏิบัติงานจริงมีการประเมินความรู้ความสามารถอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และควบคุมกำกับให้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติตามระเบียบเรื่องความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการอย่างเคร่งครัด

4. หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องสอดส่องไม่ให้มีบุคคลภายนอกเข้ามาในห้องปฏิบัติการ การต้อนรับญาติหรือผู้มาเยือนให้กระทำในสถานที่ที่สถาบันจัดไว้ให้เท่านั้น

การขนส่งสารชีวภาพ

การนำเข้าหรือส่งออกสารชีวภาพต้องปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ สำหรับการขนส่งหรือเคลื่อนย้ายสารชีวภาพระหว่างประเทศให้ปฏิบัติตามข้อกำหนดหรือกฎระเบียบของเมืองรัฐหรือประเทศและตามข้อกำหนดของ International Air Transport Association (IATA)

การรักษาความปลอดภัยของข้อมูล

บัญชีการครอบครอง การนำเข้า การใช้ การเก็บรักษา การส่งออกสารชีวภาพ และบันทึกการทดลองในห้องปฏิบัติการ ถือเป็นเอกสารควบคุม ห้องปฏิบัติการต้องรักษาความมั่นคงของเอกสาร และปฏิบัติตามระเบียบหรือวิธีปฏิบัติในการรักษาความมั่นคงของเอกสารของหน่วยงาน

เอกสารหรือข้อมูลสารชีวภาพที่มีระดับความเสี่ยงตั้งแต่ปานกลางขึ้นไปถือเป็นข้อมูลลับและต้องเก็บในพื้นที่ที่ควบคุมหรือพื้นที่หวงห้าม การเข้าถึงเอกสารข้อมูลได้เฉพาะผู้ที่ได้รับมอบหมายเท่านั้น หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องมีการตรวจสอบว่าไม่มีการลักลอบนำเอกสารออกนอกพื้นที่ที่กำหนด การเปิดเผยหรือเผยแพร่เอกสารข้อมูลต้องได้รับการอนุมัติจากผู้อำนวยการสถาบัน/โรงพยาบาล/หน่วยงาน

การทำลายเอกสารหรือข้อมูลสารชีวภาพที่มีระดับความเสี่ยงตั้งแต่ปานกลางขึ้นไป จะต้องได้รับการอนุมัติจากผู้อำนวยการสถาบัน/โรงพยาบาล/หน่วยงานมีการบันทึกการทำลายเอกสารเก็บไว้เป็นหลักฐานการทำลายเอกสารโดยใช้เครื่องตัดย่อยกระดาษเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย หรือโดยการเผา หากข้อมูลเก็บในแผ่นซีดีหรืออื่นๆให้ทุบทำลายให้สิ้นสภาพและการทำลายเอกสารข้อมูลกระทำโดยผู้ที่ได้รับมอบหมายเท่านั้นหัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องมีการตรวจสอบให้มั่นใจว่ามีการทำลายเอกสารจริง และเอกสารไม่ถูกลักลอบนำออกจากห้องปฏิบัติการ

แผนปฏิบัติการฉุกเฉิน

หัวหน้าห้องปฏิบัติการจะต้องประเมินความเสี่ยงทางชีวภาพ (biorisk assessment) การครอบครอง การใช้ การเก็บรักษา และการส่งออกสารชีวภาพจัดทำแผนลดความเสี่ยงหรือแผนพัฒนาระบบบริหารความปลอดภัยประจำปี และดำเนินการตามแผนแผนปฏิบัติการประจำปีต้องประกอบด้วยอย่างน้อย ดังนี้

1. แผนการฝึกอบรมบุคลากรทุกคนต้องได้รับการอบรมหลักสูตรความมั่นคงและปลอดภัยทางชีวภาพ ให้เหมาะสมกับบทบาทและหน้าที่ความรับผิดชอบในการปฏิบัติงานกับสารชีวภาพระดับความเสี่ยงต่างๆมีการประเมินความรู้ก่อนและหลังการอบรม

2. แผนทำความสะอาดการบำรุงรักษา และการซ่อมแซม วัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบความปลอดภัย พื้นที่ควบคุมและพื้นที่หวงห้ามต้องมีการฝึกอบรมตั้งแต่ก่อนเริ่มปฏิบัติหน้าที่และต้องมีการอบรมฟื้นฟูประจำปี

3. แผนการพัฒนาระบบบริหารความปลอดภัยห้องปฏิบัติการอย่างต่อเนื่อง

4. แผนปฏิบัติการในสถานการณ์ฉุกเฉิน เช่น ไฟฟ้าดับ ภัยพิบัติ การโจรกรรม และมีวิธีปฏิบัติในสถานการณ์ต่างๆ ได้แก่ การระงับเหตุ การรายงาน และการเก็บรักษาพยานทางคดี เป็นต้น และต้องมีการฝึกซ้อมแผน

บทที่ 3

สัญลักษณ์และเครื่องหมายเพื่อความปลอดภัย (safety signs and labels)

ในบทนี้จะกล่าวเฉพาะสัญลักษณ์และเครื่องหมายเพื่อความปลอดภัย เท่านั้น

สัญลักษณ์เครื่องหมายชีวภัยสากล

การปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์เกี่ยวข้องกับสารชีวภาพซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้นห้องปฏิบัติการต่างต้องมีป้ายสัญลักษณ์ชีวภัยสากล ดังรูปที่ 3.1 เพื่อแสดงระดับของการป้องกันและควบคุมภายในห้องปฏิบัติการ และแสดงถึงวิธีการดำเนินงานตามระดับของการป้องกันและควบคุมของห้องปฏิบัติการ โดยห้องปฏิบัติการที่มีการปฏิบัติงานกับจุลชีพในกลุ่มเสี่ยงที่ 2 ขึ้นไป ต้องติดสัญลักษณ์ชีวภัยสากล ไว้ที่ตำแหน่งดังนี้

- ประตูทางเข้าห้องปฏิบัติการดูตัวอย่างป้ายติดประตูห้องปฏิบัติการจากรูปที่ 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

ป้ายสัญลักษณ์อันตรายทางชีวภาพต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 10 ซม. คูณ 10 ซม. และไม่เกินกว่า 40 ซม. คูณ 40 ซม. เว้นแต่ระบุไว้เป็นอย่างอื่น ความกว้างของสัญลักษณ์ควรมีความกว้างประมาณ 1 ใน 4 ของพื้นที่ปรากฏ สัญลักษณ์และพื้นหลังต้องเป็นสีที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ป้ายสัญลักษณ์และข้อความตาม

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ลักษณะของสถานที่ผลิตและมีไว้ในครอบครอง และการดำเนินการเกี่ยวกับเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2561 ดังแสดงในรูปที่ 3.2





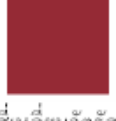
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; background-color: #d3d3d3;"> <h1 style="margin: 0;">อันตรายทางชีวภาพ</h1> <h2 style="margin: 0;">BIOHAZARD</h2> </div>	<p>ตัวอักษร TH Sarabun ขนาดไม่น้อยกว่า 48 pt</p>
	<p>สีแดง-ส้ม ขนาดไม่น้อยกว่า กว้าง 7 cm. สูง 6.5 cm.</p>
<p>ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ ...</p> <p>BIOSAFETY LEVEL ...</p>	<p>ตัวอักษร TH Sarabun ขนาดไม่น้อยกว่า 26 pt</p>
<p>เข้าได้เฉพาะผู้ได้รับอนุญาตจากผู้รับผิดชอบเท่านั้น</p> <p>Authorization for entrance must be obtained from responsible person</p> <p>ผู้รับผิดชอบ _____</p> <p>Responsible Person _____</p> <p>เลขหมายโทรศัพท์ติดต่อกรณีฉุกเฉิน (Emergency phone call) _____</p> <p>เลขหมายโทรศัพท์ในเวลาทำการ (Office hour phone call) _____</p> <p>เลขหมายโทรศัพท์นอกเวลาทำการ (After hour phone call) _____</p>	<p>ตัวอักษร TH Sarabun ขนาดไม่น้อยกว่า 16 pt</p> <p>ตัวอักษร TH Sarabun ขนาดไม่น้อยกว่า 14 pt</p>

รูปที่ 3.2 ป้ายสัญลักษณ์อันตรายทางชีวภาพตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ลักษณะของสถานที่ผลิต และมีไว้ในครอบครอง และการดำเนินการเกี่ยวกับเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2561

รูปทรงเรขาคณิต และสีเพื่อความปลอดภัย

ความหมายทั่วไปของรูปทรงเรขาคณิต และสีเพื่อความปลอดภัย สีตัด สีของสัญลักษณ์ภาพ และตัวอย่างของการใช้ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รูปทรงเรขาคณิต ความหมาย สีเพื่อความปลอดภัย สีตัด สีของสัญลักษณ์ภาพ และตัวอย่าง ของการใช้

รูปทรงเรขาคณิต	ความหมาย	สีเพื่อความปลอดภัย	สีตัด	สีของสัญลักษณ์ภาพ	ตัวอย่างของการใช้
 แถบวงกลมพร้อม แถบเฉียง	ห้าม	สีแดง (red)	สีขาว* (white)	สีดำ (black)	- ห้ามสูบบุหรี่ - ห้ามผ่าน - ห้ามใช้ลิ้ม
 วงกลม	บังคับให้ปฏิบัติ	สีฟ้า (blue)	สีขาว*	สีขาว	- ต้องสวมอุปกรณ์ปกป้องตา - ต้องสวมอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล - ต้องปิดสวิทช์
 สามเหลี่ยมด้าน เท่า	เตือน	สีเหลือง (yellow)	สีดำ	สีดำ	- ระวังพื้นผิวร้อน - ระวังอันตรายจากกรด - ระวังอันตรายจากไฟฟ้า
 สี่เหลี่ยมจัตุรัส	สภาวะปลอดภัย	สีเขียว (green)	สีขาว*	สีขาว	- ปฐมพยาบาล - ทางหนีไฟ - จุดรวมพล
 สี่เหลี่ยมจัตุรัส	อุปกรณ์เกี่ยวกับ อัคคีภัย	สีแดง	สีขาว*	สีขาว	- จุดแจ้งเหตุ - อุปกรณ์ฉุกเฉินเพลิง - อุปกรณ์ดับเพลิงยกหัว
* สีตัดที่เป็นสีขาว รวมถึงสีตัดสำหรับวัสดุเรืองแสงภายใต้แสงกลางวันให้มีสมบัติเป็นไปตามตารางที่ 5					

เครื่องหมายเพื่อความปลอดภัย มี 5 ประเภท คือ

1. เครื่องหมายห้าม
2. เครื่องหมายบังคับ
3. เครื่องหมายเตือน
4. เครื่องหมายแสดงสถานะปลอดภัย
5. เครื่องหมายแสดงอุปกรณ์เกี่ยวกับอัคคีภัย

โดยตัวอย่างเครื่องหมายเพื่อความปลอดภัยและความหมายแต่ละประเภท แสดงดังต่อไปนี้

1. เครื่องหมายห้าม




เครื่องหมาย	ความหมาย
	ห้ามทั่วไป (general prohibition)
	ห้ามสูบบุหรี่ (no smoking)
	ห้ามผ่าน (no thoroughfare)

2. เครื่องหมายบังคับ



เครื่องหมาย	ความหมาย
	ต้องสวมถุงมือ (wear protective gloves)
	ต้องสวมอุปกรณ์ปกป้องตา (wear eye protection)


	<p>ต้องสวมหน้ากากอนามัย (wear a mask)</p>
---	---

3. เครื่องหมายเตือน

เครื่องหมาย	ความหมาย
	<p>เครื่องหมายเตือนทั่วไป (general warning sign)</p>
	<p>ระวังอันตรายจากสารชีวภาพ (warning: biological hazard)</p>
	<p>ระวังวัตถุที่มีรังสี หรือรังสีชนิดก่อกำเนิดไอออน (warning: radioactive material or ionizing radiation)</p>

4. เครื่องหมายแสดงสถานะปลอดภัย

เครื่องหมาย	ความหมาย
	<p>ทางออกฉุกเฉิน ซ้ายมือ (emergency exit) (left hand)</p>
	<p>ทางออกฉุกเฉิน ขวามือ (emergency exit) (right hand)</p>

	<p>ปฐมพยาบาล (first aid)</p>
---	----------------------------------

5. เครื่องหมายแสดงอุปกรณ์เกี่ยวกับอัคคีภัย

เครื่องหมาย	ความหมาย
	<p>อุปกรณ์ดับเพลิงยกหัว (fire extinguisher)</p>
	<p>สายดับเพลิง (fire hose reel)</p>
	<p>บันไดหนีไฟ (fire ladder)</p>

บทที่ 4

ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพของห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์ และวิธีการปฏิบัติงาน (Biosafety Level and Practice)

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

ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพของห้องปฏิบัติการ สร้างขึ้นเพื่อเป็นมาตรการในการป้องกันหรือลดโอกาสการติดเชื้อของผู้ปฏิบัติงาน ผู้เกี่ยวข้อง และการแพร่กระจายเชื้อสู่สิ่งแวดล้อม สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 1 (biosafety level 1; BSL1)
2. ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 2 (biosafety level 2; BSL2)
3. ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 3 (biosafety level 3; BSL3)
4. ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 4 (biosafety level 4; BSL4)

ในแต่ละระดับความปลอดภัยที่เพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้นในการป้องกันผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อมจากการสัมผัสจุลชีพจากห้องปฏิบัติการ โดยมีการเพิ่มขึ้นของข้อกำหนดเกี่ยวกับระเบียบ/วิธีปฏิบัติงาน เครื่องมือ และลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ

ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 1 (biosafety level1; BSL1)

ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 1 (biosafety level1; BSL1)

ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 1 (รูปที่ 4.1) เหมาะสำหรับการเรียน การสอน และงานวิจัยพื้นฐานเกี่ยวกับ จุลชีพที่ไม่ก่อโรค ซึ่งมีความเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน และสิ่งแวดล้อมน้อย อย่างไรก็ตาม ข้อกำหนดและแนวทางระเบียบการปฏิบัติงานสำหรับห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 1 มีความสำคัญเนื่องจากเป็นพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับที่สูงขึ้นต่อไป รายละเอียดที่สำคัญ ดังนี้

1. มาตรฐานการปฏิบัติงานทางจุลชีววิทยา (standard microbiological practices)

- การปฏิบัติงานยึดหลักใช้เทคนิคทางจุลชีววิทยาที่ดี หรือ good microbiological technique (GMT) และเทคนิคปลอดเชื้อ (aseptic techniques) ขึ้นกับความจำเป็นของงาน
- ไม่ใช้ปากดูดสารละลายโดยตรงจากไปเปต
- ห้ามดื่ม รับประทานอาหาร สูบบุหรี่ ใส่คอนแทคเลนส์ หรือแต่งหน้าในห้องปฏิบัติการ
- ไม่เล่นหรือหยอกล้อกันขณะปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ
- ไม่เก็บอาหารไว้ในห้องปฏิบัติการ
- ล้างมือหลังสัมผัสสารเคมี สิ่งปนเปื้อนจุลชีพหรือก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ
- ผู้ปฏิบัติงานควรสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสม เช่น เสื้อคลุมห้องปฏิบัติการ (laboratory coat) หรือ เสื้อกาวน์ (gown) หากเสื้อผ้าที่สวมใส่มีโอกาสปนเปื้อนจากการปฏิบัติงาน
- ไม่ใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่ใช้ในห้องปฏิบัติการออกนอกห้องปฏิบัติการ
- ต้องทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงาน เพื่อลดการปนเปื้อนหลังเสร็จสิ้นการปฏิบัติงาน
- หลังจากเกิดการหกรั่วไหลของสารเคมีหรือสิ่งปนเปื้อนจุลชีพ หรืออย่างน้อยวันละครั้ง ด้วยวิธีที่เหมาะสม
- หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องแน่ใจว่าผู้ปฏิบัติงานได้รับการฝึกอบรมที่เหมาะสม
- มีวิธีการจัดการขยะจากห้องปฏิบัติการ
- มีวิธีปฏิบัติในการป้องกันและควบคุมสัตว์และแมลง

2. ข้อปฏิบัติเฉพาะ/ ที่จำเป็น (Special practices)

ไม่มี

3. อุปกรณ์เครื่องมือเพื่อความปลอดภัย(Safety equipment)

ไม่มี

4. การออกแบบและสิ่งอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการ (Laboratory facilities)

- ห้องปฏิบัติการไม่จำเป็นต้องแยกจากพื้นที่สาธารณะ
- ห้องปฏิบัติการต้องถูกออกแบบให้ใช้วัสดุที่ง่ายต่อการทำความสะอาด
- พื้นต้องไม่ลื่น
- ต้องมีประตูทำจากวัสดุที่มีคุณสมบัติทนไฟ มีช่องมองให้สามารถเห็นภายในห้องปฏิบัติการได้ และสามารถล็อกได้
- ต้องมีพื้นที่เพียงพอ เพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน การทำความสะอาด และการบำรุงรักษา
- ควรมีแสงสว่างเพียงพอต่อการปฏิบัติงานและหลีกเลี่ยงการเกิดแสงสะท้อน หรือแสงที่จ้าเกินไป

- มีเสียงและอุณหภูมิไม่กระทบต่อการปฏิบัติงานและสุขภาพบุคลากร
- โต๊ะปฏิบัติการต้องมีพื้นผิวที่สามารถป้องกันของเหลวซึมผ่าน ทนน้ำยาฆ่าเชื้อ กรดต่าง สารทำลายอินทรีย์ และความร้อนระดับปานกลางได้
- เก้าอี้ต้องทำจากวัสดุที่สามารถป้องกันของเหลวซึมผ่าน ทนน้ำยาฆ่าเชื้อ กรดต่าง และน้ำยาฆ่าเชื้อโรค แข็งแรง และจำนวนเพียงพอ
- เฟอร์นิเจอร์ในห้องปฏิบัติการต้องมีความมั่นคง มีพื้นที่ว่างระหว่างข้างใต้โต๊ะตู้ และอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้สามารถทำความสะอาดได้ทั่วถึง
- ต้องมีพื้นที่เก็บของเพียงพอสำหรับการปฏิบัติงาน ไม่ควรเก็บของบนโต๊ะปฏิบัติการหรือบนทางเดิน ในกรณีที่ต้องเก็บของเป็นเวลานานและจำนวนมากควรมีห้องเก็บของเฉพาะแยกออกจากห้องปฏิบัติการ
- ควรมีพื้นที่สำหรับเก็บสารตัวทำลาย สารกัมมันตรังสี ก๊าซเหลว และก๊าซอัดความดัน
- ควรมีพื้นที่สำหรับจัดเก็บเสื้อผ้าและของใช้ส่วนตัวของบุคลากรไว้ภายนอกห้องปฏิบัติการ
- ต้องจัดหาพื้นที่สำหรับรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือบริเวณพักผ่อนสำหรับบุคลากรไว้ภายนอกห้องปฏิบัติงาน
- มีอ่างล้างมือ
- ระบบความปลอดภัยต้องครอบคลุมถึงอันตรายจากอัคคีภัยไฟฟ้า และควรมีฝักบัวอาบน้ำ อ่างล้างตาหรืออุปกรณ์สำหรับล้างตากรณีฉุกเฉิน
- ควรมีพื้นที่หรือห้องปฐมพยาบาลและอุปกรณ์ที่จำเป็นที่สามารถใช้สำหรับการปฐมพยาบาลเบื้องต้นกรณีจำเป็นได้



รูปที่ 4.1 ห้องปฏิบัติการชีวโมเลกุลระดับ 1

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

- หากมีหน้าต่างที่สามารถเปิดปิดได้ ต้องมีการติดตั้งมุ้งลวดป้องกันแมลง
- หากมีการใช้แก๊ส ต้องมีการบำรุงรักษาระบบการติดตั้งที่ดีและสม่ำเสมอ
- ห้องปฏิบัติการและห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองอาจเป็นเป้าหมายของบุคคลผู้ไม่หวังดี ดังนั้นจึงต้องจัดระบบรักษาความมั่นคงทางด้านกายภาพ การป้องกันอัคคีภัยเช่นการมีประตูที่แข็งแรงและการใช้กุญแจเฉพาะเป็นต้น
- ต้องติดป้ายสัญลักษณ์เตือนอันตราย (hazard sign) ที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสม เช่น แสงยูวี สารรังสี หน้าประตูทางเข้าห้องปฏิบัติการเครื่องมือถึงขยะ เป็นต้น
- มีพื้นที่สำหรับการทำความสะอาดอุปกรณ์
- มีพื้นที่สำหรับรวบรวมจัดเก็บขยะ

ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 2 (biosafety level2; BSL2)

ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับที่ 2 (รูปที่ 4.2) เหมาะสำหรับงานวิจัย การตรวจวินิจฉัยและการตรวจวิเคราะห์เบื้องต้น ที่เกี่ยวกับจุลชีพก่อโรคในมนุษย์หรือในสัตว์แต่ไม่รุนแรง เป็นโรคที่สามารถป้องกันและรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ไวรัสหัด, *Staphylococcus aureus*, *Neisseria gonorrhoeae* เป็นต้น หรือเป็นการปฏิบัติงานที่ต้องเกี่ยวข้องกับสิ่งส่งตรวจจากผู้ป่วย ดังนั้นห้องปฏิบัติการชั้นสูตรโรคและห้องปฏิบัติการที่ให้บริการทางการแพทย์ การสาธารณสุข ทางคลินิก หรือห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาล จึงจำเป็นต้องมีระดับมาตรการความปลอดภัยชีววิทยาระดับ 2 ขึ้นไปเนื่องจากบุคลากรในห้องปฏิบัติการสามารถติดเชื้อจากการสัมผัสกับสิ่งส่งตรวจจากผู้ป่วยได้ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ข้อกำหนดและแนวทางการปฏิบัติงานสำหรับห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 2 จึงเป็นพื้นฐานที่จำเป็นยิ่งสำหรับห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับที่สูงขึ้นต่อไป รายละเอียดที่สำคัญดังนี้

1. มาตรฐานการปฏิบัติงานทางจุลชีววิทยา (standard microbiological practices)

ให้ใช้หลักเกณฑ์การทำงานเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 1 โดยมีเพิ่มเติมดังนี้

- ขณะอยู่ในห้องปฏิบัติการผู้ปฏิบัติงานต้องไม่นำวัสดุใดๆ เข้าปาก เช่น กัดปากกา
- ผู้ปฏิบัติงานต้องไม่แต่งกายที่รุ่มร่ามหรือสวมเครื่องประดับที่รุงรัง
- ผู้ปฏิบัติงานที่มีผมยาวต้องรวบผมหรือใส่สวมหมวกคลุมผมให้เรียบร้อย
- ผู้ปฏิบัติงานต้องไม่จับ ตา จมูก ฯลฯ หรืออุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องขณะสวมถุงมือปฏิบัติงาน
- ห้ามแขวนหรือเก็บเสื้อผ้าหรืออุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลอื่นรวมกับเสื้อผ้าทั่วไป

- ผู้ปฏิบัติงานต้องล้างมืออย่างเหมาะสมทุกครั้งหลังจากการปฏิบัติงานกับจุลชีพหรือสิ่งปนเปื้อนจุลชีพ หลังถอดชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล และก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ หากไม่มีอ่างล้างมือ ต้องทำการถูมือด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อหรือแอลกอฮอล์เจล และล้างมือทันทีที่สามารถทำได้
- ต้องทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงานเพื่อลดการปนเปื้อนหลังเสร็จสิ้นการปฏิบัติงาน และหลังจากเกิดการหกรั่วไหลของสารเคมีหรือสิ่งปนเปื้อนจุลชีพ หรืออย่างน้อยวันละครั้ง ด้วยวิธีที่เหมาะสม
- ควรจำกัดหรือหลีกเลี่ยงการใช้เข็มฉีดยาและกระบอกฉีดยาให้น้อยที่สุด และไม่ควรรีใช้เข็มฉีดยาคุดของเหลวแทนการใช้ไปแปด
- ต้องมีมาตรการหรือวิธีการป้องกัน กรณีต้องทำกิจกรรมที่อาจทำให้เกิดละอองสิ่งปนเปื้อนจุลชีพฟุ้งกระจาย
- การจัดเก็บจุลชีพต้องบรรจุภาชนะอย่างน้อย 2 ชั้น รายละเอียดให้สอดคล้องกับกฎหมายพระราชบัญญัติเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2558
- ภาชนะบรรจุจุลชีพต้องติดฉลากแสดงรายละเอียด ชื่อวิทยาศาสตร์หรือรหัสที่สามารถสอบกลับรายละเอียดของจุลชีพได้ วันเดือนปีที่ผลิตหรือบรรจุ เป็นอย่างน้อย

2. ข้อปฏิบัติเฉพาะ/ ที่จำเป็น (special practices)

ให้ใช้หลักเกณฑ์การทำงานเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 1 โดยมีเพิ่มเติมดังนี้

- ผู้บริหารหน่วยงานต้องวางแผนการจัดการและพัฒนาความปลอดภัยทางชีวภาพของห้องปฏิบัติการ
- หัวหน้าห้องปฏิบัติการควรเป็นผู้ให้คำแนะนำต่อผู้บริหารหน่วยงานในการจัดการฝึกอบรมที่เหมาะสมให้กับบุคลากร ทั้งนี้ต้องจัดให้มีการฝึกอบรมอย่างสม่ำเสมอ
- ต้องจัดให้มีข้อมูลเกี่ยวกับเชื้อโรคหรือจุลชีพที่เกี่ยวข้อง ที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้
- ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการต้องได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับอันตรายที่อาจเกิดขึ้นขณะปฏิบัติงาน ต้องอ่านทำความเข้าใจและปฏิบัติตามคู่มือความปลอดภัยของหน่วยงานโดยเอกสารคู่มือด้านความปลอดภัยต้องมีอยู่พร้อมใช้ในห้องปฏิบัติการ
- หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องมั่นใจว่าผู้ปฏิบัติงานทุกคนเข้าใจเกี่ยวกับอันตรายและความเสี่ยงที่เกี่ยวข้อง ระเบียบปฏิบัติงานต่างๆ และคู่มือความปลอดภัยของหน่วยงาน
- ต้องรายงานหัวหน้าห้องปฏิบัติการหากเกิดการหกรั่วไหลของจุลชีพ หรือเมื่อสัมผัสกับสิ่งปนเปื้อนจุลชีพและต้องทำการบันทึกอุบัติเหตุดังกล่าวไว้ทุกครั้ง
- ต้องจำกัดการเข้าออกห้องปฏิบัติการ โดยเจ้าหน้าที่ที่ได้รับอนุญาตเท่านั้นที่สามารถเข้าห้องปฏิบัติการได้

- ประตูห้องปฏิบัติการต้องปิดอยู่เสมอ
- จำกัดการเข้าออกห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะขณะมีการปฏิบัติงาน และควรเข้าได้ เฉพาะผู้ได้รับอนุญาตเท่านั้น และห้ามเด็กเข้าห้องปฏิบัติการ
- ห้ามนำสัตว์หรือพืชที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าห้องปฏิบัติการ ยกเว้นกรณีที่ต้องใช้เพื่อการ ทดลอง หรือเฉพาะกรณีได้รับอนุญาตเท่านั้น
- ห้องปฏิบัติการต้องสะอาด เป็นระเบียบเรียบร้อยอยู่เสมอ ไม่เก็บสิ่งของที่มิได้ใช้ในการปฏิบัติงานไว้ภายในห้องปฏิบัติการ
- ต้องปฏิบัติงานในตู้ชีวนิรภัย (biological safety cabinet; BSC) สำหรับกรณีที่อาจก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของสิ่งปนเปื้อนจุลชีพได้ง่าย จุลชีพมีปริมาณมาก หรือมีความเข้มข้นสูง
- ผู้ปฏิบัติงานทุกคนต้องได้รับการประเมินด้านสุขภาพ การเฝ้าระวังด้านสุขภาพ การป้องกันและการรักษากรณีจำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานกับจุลชีพก่อโรคในห้องปฏิบัติการ โดยต้องมีการเก็บรักษาคำประวัติสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานที่เหมาะสม เพื่อตรวจติดตามและสำรวจโรคในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานซึ่งอาจเกิดการเจ็บป่วยจากการปฏิบัติงาน กิจกรรมที่ควรทำเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์นี้ ได้แก่
 - การให้วัคซีน ผู้ปฏิบัติงานควรได้รับวัคซีนที่เหมาะสมสำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ
 - การตรวจค้นหาโรคที่อาจเกิดจากการปฏิบัติงาน โดยควรทำเป็นระยะอย่างสม่ำเสมอ
 - การแยกผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อจากการปฏิบัติงานที่เสี่ยง (เช่นหญิงตั้งครรภ์ผู้ที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่อง)
 - การตรวจสุขภาพผู้ปฏิบัติงานก่อนรับเข้าปฏิบัติงานโดยเน้นการประเมินการเจ็บป่วยที่อาจเกิดจากการทำงาน
 - การให้ความรู้กับผู้ปฏิบัติงานที่เป็นสุภาพสตรีที่อยู่ในวัยตั้งครรภ์เกี่ยวกับจุลชีพก่อโรคซึ่งอาจทำให้เกิดการแท้งบุตร เช่น ไวรัสหัดเยอรมัน (Rubella virus)
 - การจัดหาอุปกรณ์ตลอดจนมาตรการป้องกันอันตรายให้เพียงพอสำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ
- ต้องมีการจัดการแยกขยะระหว่างขยะปนเปื้อนจุลชีพหรือขยะติดเชื้อและขยะไม่ติดเชื้อออกจากกันอย่างชัดเจน เหมาะสม
- ต้องมีการจัดการเฉพาะ สำหรับวัสดุมีคมที่ปนเปื้อนจุลชีพและไม่ปนเปื้อน เช่น เข็มฉีดยามีดผ่าตัด ใบมีด เศษแก้วแตก วัสดุเหล่านี้ต้องทิ้งในภาชนะเฉพาะที่เหมาะสมและมีการจัดการอย่างเหมาะสม

- ควรมีการทำลายจุลชีพในขณะติดเชื้อมาก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ ตามวิธีที่หน่วยงานกำหนดซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดระดับชาติ หรือระดับนานาชาติ
- สิ่งปนเปื้อนจุลชีพต้องได้รับการฆ่าเชื้อมาก่อนทั้งด้วยวิธีทางเคมีหรือทางกายภาพที่เหมาะสม
- ต้องมีการทำลายจุลชีพในวัสดุปนเปื้อนทุกครั้งก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ ตามวิธีที่หน่วยงานกำหนดซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดระดับชาติ หรือระดับนานาชาติ
- การทำลายจุลชีพหรือวัสดุปนเปื้อนจุลชีพด้วยเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง (autoclave) ซึ่งอยู่นอกห้องปฏิบัติการแต่อยู่ภายในหน่วยงาน ผู้ปฏิบัติงานต้องทำการบรรจุในภาชนะที่เหมาะสม มีฝาปิดมิดชิด สามารถป้องกันการรั่วไหล การแทงทะลุได้ในระหว่างทำการขนย้ายไปยังเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง
- การบรรจุและการขนส่งวัสดุปนเปื้อนจุลชีพจากห้องปฏิบัติการต้องเป็นไปตามระเบียบของหน่วยงานซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดระดับชาติ หรือระดับนานาชาติ
- เข็มฉีดยาที่ใช้แล้วห้ามนำกลับไปสวมปลอกอีกครั้ง ไม่ถอดเข็มออกจากกระบอกฉีดยาหรือปิดงอเข็ม และต้องทิ้งในภาชนะที่ใช้ทิ้งเฉพาะ โดยต้องทิ้งขยะประมาณสามในสี่ของภาชนะ ไม่ควรบรรจุจนเต็ม แล้วนำไปเผาหรืออาจนึ่งฆ่าเชื้อมาก่อนเผา และห้ามนำขยะเหล่านี้ไปทิ้งในที่ทิ้งขยะสาธารณะ
- ผู้ปฏิบัติงานต้องสวมใส่ชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสมทุกครั้งขณะปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ รวมถึงการสวมใส่และถอดออกต้องปฏิบัติด้วยวิธีที่ถูกต้อง
- ต้องเปลี่ยนถุงมือทุกครั้งหลังมีการปนเปื้อนหรือขาด และทิ้งเป็นขยะติดเชื้อ
- ห้ามใส่รองเท้าเปิดปลายนิ้วเท้าในห้องปฏิบัติการ
- มีเอกสารขั้นตอน วิธีการสำหรับการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับจุลชีพอย่างปลอดภัย
- มีการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบมีการป้องกันการเสียหายหรือสูญหาย โดยมีการกำหนดระยะเวลาการจัดเก็บข้อมูลอย่างน้อยสามปีจนถึงปัจจุบัน
- มีการจัดทำบัญชีรายชื่อจุลชีพให้เป็นปัจจุบันเสมอ
- ผู้รับหนังสือรับรองการแจ้ง ผู้รับใบอนุญาต และหน่วยงานที่มีการศึกษาวิจัย ตามมาตรา 28 ต้องจัดทำรายงานประจำปีในการผลิต นำเข้า ส่งออก ขาย นำผ่าน หรือมีไว้ในครอบครอง เชื้อโรคหรือพิษจากสัตว์ โดยเป็นข้อมูลการดำเนินการในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม ส่งกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ภายในเดือนมีนาคมของปีถัดไป และให้เก็บสำเนารายงานดังกล่าวไว้เป็นหลักฐาน

3. อุปกรณ์เครื่องมือเพื่อความปลอดภัย (safety equipment)

การใช้เครื่องมือด้านความปลอดภัยจะช่วยลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการได้ เครื่องมือที่ใช้ต้องเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน มีคุณลักษณะ ได้แก่

- ต้องเป็นเครื่องมือที่ป้องกันหรือลดโอกาสการสัมผัสจุลชีพของผู้ปฏิบัติงาน
- ต้องทำจากวัสดุที่สามารถป้องกันของเหลวซึมผ่านและทนต่อการกัดกร่อนได้
- ต้องไม่มีส่วนแหลมคมหรือส่วนที่อาจเป็นอันตรายขณะมีการเคลื่อนที่

- ต้องใช้งานง่าย สะดวกต่อการดูแลรักษาการทำความสะอาดจัดสิ่งปนเปื้อนได้รับการรับรองคุณภาพและหลีกเลี่ยงส่วนประกอบที่เป็นเครื่องแก้วหรือวัสดุที่แตกหักได้

นอกจากนี้ ต้องศึกษาคุณลักษณะด้านความปลอดภัยของเครื่องมือแต่ละชิ้นก่อนซื้อและก่อนการใช้งาน เครื่องมือพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 2 ตัวอย่างเช่น

- เครื่องดูดปล่อยของเหลว (pipetting aids) เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ปากดูด
- ตู้ชีววิทย (biological safety cabinet; BSC) ใช้ในกรณี เช่น
 - เมื่อต้องทำงานกับสิ่งปนเปื้อนจุลชีพ เช่น การปั่นเหวี่ยงสิ่งปนเปื้อนจุลชีพในตู้นี้เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจาย
 - เมื่อมีความเสี่ยงต่อการเกิดการติดเชื้อผ่านทางเดินหายใจ
 - เมื่อขั้นตอนการทดลองมีความเสี่ยงต่อการฟุ้งกระจายของละอองของเหลวปนเปื้อนจุลชีพ เช่น การบดการปั่นเหวี่ยงการผสมการเขย่า การทำให้ละเอียดด้วยเสียงความถี่ต่ำ (sonic disruption) การเปิดภาชนะบรรจุวัสดุติดเชื้อที่มีความดันภายในภาชนะแตกต่างจากความดันบรรยากาศปกติ เป็นต้น
- ห่วงเพาะเชื้อแบบใช้แล้วทิ้ง (plastic disposable transfer loops) ภายในตู้ชีววิทย เพื่อป้องกันการเกิดละอองเชื้อฟุ้งกระจายแทนการใช้ตะเกียงไฟฟ้าสำหรับเผาห่วงเพาะเชื้อ
- หลอดและขวดฝาเกลียว
- เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง (autoclave) หรือเครื่องมืออื่นที่เหมาะสมสำหรับลดการปนเปื้อนไม่จำเป็นต้องอยู่ในห้องปฏิบัติการ สามารถอยู่ภายในหน่วยงาน ซึ่งสามารถใช้งานได้
- Pasteur pipettes แบบพลาสติกใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ไปตดแก้ว
- เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง ตู้ชีววิทยต้องได้รับการตรวจสอบการใช้งานด้วยวิธีที่ถูกต้อง เหมาะสมก่อนใช้งาน และเป็นประจำอย่างน้อยปีละครั้งตลอดอายุการใช้งาน โปรดดูรายละเอียดในบทที่ 8 เครื่องมือที่มีผลต่อความปลอดภัยทางชีวภาพ

4. การออกแบบและสิ่งอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการ (laboratory facilities)

การออกแบบและสิ่งอำนวยความสะดวกของห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 2 มีส่วนที่เพิ่มเติมจากห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 1 ดังนี้

- ผนังเพดานและพื้นห้องควรมีผิวเรียบง่ายต่อการทำความสะอาด ของเหลวไม่สามารถซึมผ่าน ทนต่อสารเคมีและน้ำยาฆ่าเชื้อที่ใช้ในห้องปฏิบัติการได้
- ต้องมีอ่างล้างมือ ก๊อกน้ำควรเป็นแบบชนิดที่ไม่ใช้มือเปิดปิด เช่น แบบปิดเปิดด้วยศอก เข้าหรือเหยียบ เป็นต้น และควรอยู่ใกล้บริเวณประตูทางออก

- หากมีการออกแบบก่อสร้างห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 2 แห่งใหม่ต้องคำนึงถึงการติดตั้งระบบระบายอากาศ โดยอากาศที่ไหลเข้าภายในห้องปฏิบัติการไม่ควรเป็นอากาศที่ระบายออกจากห้องปฏิบัติการแล้ววนกลับมาใช้ใหม่ อากาศในห้องปฏิบัติการต้องมีการออกแบบให้การไหลของอากาศมีทิศทาง การไหลจากพื้นที่สะอาดไปยังพื้นที่สกปรก และอากาศจากห้องปฏิบัติการต้องไม่ไหลเวียนไปยังพื้นที่สาธารณะ หากไม่มีระบบดังกล่าวต้องมีหน้าต่างที่สามารถเปิดปิดได้ เพื่อช่วยในการระบายอากาศ และมีมุ้งลวดกันแมลง



รูปที่ 4.2 ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 2

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

- ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 2 ขึ้นไปต้องมีเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งภายในห้องปฏิบัติการ แต่ต้องมีระบบการจัดการที่ช่วยให้สามารถเข้าไปใช้งานได้ และมีวิธีการจัดการสำหรับขั้นตอนการขนย้ายที่เหมาะสมป้องกันการรั่วไหลของสิ่งปนเปื้อนและจุลชีพขณะขนย้าย

- ห้องปฏิบัติการที่มีการติดตั้งตู้ชีววิทยาระดับ 2 ต้องมีการวางแผนตำแหน่งการวางตู้ และการเชื่อมต่อตู้กับระบบระบายอากาศของอาคารที่เหมาะสม (กรณีจำเป็นขึ้นกับชนิดของตู้) เพื่อให้ตู้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกิดความปลอดภัยและความสะดวกต่อการปฏิบัติงาน

- ต้องมีน้ำคุณภาพดี เพียงพอสำหรับใช้งาน โดยแหล่งน้ำสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการและแหล่งน้ำดื่มต้องแยกกันอย่างชัดเจน เพื่อลดโอกาสการปนเปื้อนและต้องติดตั้งระบบป้องกันน้ำไหลย้อนกลับเพื่อป้องกันการปนเปื้อนแหล่งน้ำสาธารณะ

- ต้องมีแหล่งจ่ายไฟและไฟฉุกเฉินที่มีประสิทธิภาพ เพียงพอ เพื่อให้บุคลากรสามารถออกจากห้องปฏิบัติการได้อย่างปลอดภัย และควรมีระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองให้กับเครื่องมือที่จำเป็น เช่น ตู้เพาะเชื้อตู้ชีววิทยาระดับ 2 ตู้แช่เยือกแข็ง เป็นต้น

- ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 2 ขึ้นไปอาจเป็นเป้าหมายของบุคคลผู้ไม่หวังดี ดังนั้นจึงจำเป็นต้องจัดให้มีระบบรักษาความมั่นคงทางด้านกายภาพ การป้องกันอัคคีภัย เช่นการมีประตูหน้าต่างที่แข็งแรงและการใช้กุญแจเฉพาะหรือเทคโนโลยีในการป้องกันไม่ให้ผู้ไม่เกี่ยวข้องเข้าห้องปฏิบัติการ เป็นต้น

- ต้องติดป้ายเตือนสัญลักษณ์อันตรายทางชีวภาพ (biohazard sign) ชื่อและหมายเลขโทรศัพท์ของผู้รับผิดชอบ (รูปที่ 4.3) ไว้ที่หน้าประตูห้องปฏิบัติการและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับจุลชีพ หรือสารชีวภาพอันตรายอื่นๆ



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างป้ายสัญลักษณ์ชีวภัยสากลสำหรับติดหน้าประตูห้องปฏิบัติการ

ที่มา: WHO. 2004. Laboratory biosafety manual 3rd edition.

นอกจากนี้ อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 วรรคหนึ่ง และมาตรา 6 (4) แห่งพระราชบัญญัติเชื้อโรค และพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2558 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขโดยคำแนะนำของคณะกรรมการเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ ได้มีการออกประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ลักษณะของสถานที่ผลิตหรือมีไว้ในครอบครอง และการดำเนินการเกี่ยวกับเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2563 ได้มีการกำหนดสถานปฏิบัติการระดับ 2 เสริมสมรรถนะ (biosafety level 2 enhanced: BSL-2 enhanced) ซึ่งมีลักษณะเพิ่มเติมจากสถานปฏิบัติการระดับ 2 คือ (1) แยกห้องปฏิบัติการสำหรับการดำเนินการ (2) มีอุปกรณ์ปกป้องส่วนบุคคลเพื่อสวมใส่อย่างมิดชิดและเหมาะสมตามหลักวิชาการ ทั้งนี้เพื่อให้เป็นแนวทางปฏิบัติเพิ่มเติมของประเทศไทยสำหรับการดำเนินการกับจุลชีพและพิษจากสัตว์ได้อย่างปลอดภัย ทั้งนี้โดยต้องพิจารณาร่วมกับข้อมูลจุลชีพที่ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องรายการเชื้อโรคที่ประสงค์ควบคุมตามมาตรา 18 แห่งพระราชบัญญัติเชื้อ

โรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2558 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข โดยคำแนะนำของคณะกรรมการเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ที่ได้มีการประกาศไว้

ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 3 (biosafety level3; BSL3)

ระบบความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับที่ 3 (รูปที่ 4.4) เป็นห้องปฏิบัติการที่เหมาะสมสำหรับการปฏิบัติงานตรวจวินิจฉัย งานวิเคราะห์ งานสอน งานค้นคว้าวิจัย เกี่ยวกับจุลชีพเป็นสาเหตุก่อโรคที่รุนแรง ซึ่งอาจทำให้เสียชีวิต และมักมีการแพร่กระจายโรคทางการหายใจ ผู้ปฏิบัติงานต้องได้รับการฝึกอบรมเฉพาะสำหรับการปฏิบัติงาน และการปฏิบัติงานต้องอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของผู้ที่มีความชำนาญและมีประสบการณ์การทำงานกับจุลชีพชนิดนั้น

การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับจุลชีพทุกขั้นตอนต้องปฏิบัติภายในตู้ชีววิทย (biological safety cabinet; BSC) หรือเครื่องมือที่ช่วยสกัดกั้นการแพร่กระจายของเชื้อได้ และใช้ชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (personal protective equipment; PPE) ที่เหมาะสม ห้องปฏิบัติการต้องมีการออกแบบทางวิศวกรรมเฉพาะข้อกำหนดและแนวทางระเบียบการปฏิบัติงานสำหรับห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 3 รายละเอียดที่สำคัญดังนี้

1. มาตรฐานการปฏิบัติงานทางจุลชีววิทยา (standard microbiological practices)

มาตรฐานการปฏิบัติงานทางจุลชีววิทยาของห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 3 ให้ใช้หลักเกณฑ์การทำงานเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 1 และ 2 แต่ต้องปฏิบัติด้วยความระมัดระวังและเข้มงวดมากยิ่งขึ้น

2. ข้อปฏิบัติเฉพาะ/ ที่จำเป็น (special practices)

มีส่วนเพิ่มเติมจากของห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 1 และ 2 ดังนี้

- ควบคุมการเข้าออกห้องปฏิบัติการอย่างเข้มงวด ต้องเป็นบุคคลที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น โดยต้องอยู่ในดุลยพินิจของหัวหน้าห้องปฏิบัติการ

- หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องมีการควบคุมเข้าออกห้องปฏิบัติการ โดยพิจารณาบุคคลที่มีความเหมาะสม ที่สามารถปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการได้ และไม่อนุญาตบุคคลที่อาจมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อจากการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ เช่น บุคคลที่มีภาวะภูมิคุ้มกันผิดปกติ (immunocompromised หรือ immunosuppressed) เป็นต้น

- หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องจัดทำคู่มือความปลอดภัย หรือระเบียบปฏิบัติงานเฉพาะของห้องปฏิบัติการ และผู้ปฏิบัติงานต้องได้รับการแนะนำถึงอันตราย ระเบียบวิธีปฏิบัติต่างๆ โดยการสอน และการฝึกอบรมอย่างเพียงพอ

- หัวหน้าห้องปฏิบัติการต้องรับผิดชอบสำหรับการประเมินความสามารถของผู้ปฏิบัติงาน จนแน่ใจก่อนอนุญาตให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเริ่มปฏิบัติงานกับจุลชีพภายในห้องปฏิบัติการได้ เพื่อให้แน่ใจว่าผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการได้อย่างปลอดภัย

- ผู้ปฏิบัติงานต้องปฏิบัติตามระเบียบวิธีการเข้าและออกห้องปฏิบัติการตามที่ห้องปฏิบัติการกำหนดอย่างเคร่งครัด

- ผู้ปฏิบัติงาน และเจ้าหน้าที่สนับสนุนห้องปฏิบัติการ เช่น คนงานห้องปฏิบัติการ ต้องได้รับการฝึกอบรมที่เหมาะสมเกี่ยวกับอันตรายที่อาจได้รับการปฏิบัติงาน วิธีป้องกันที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงาน วิธีการปฏิบัติต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย และต้องได้รับการอบรมเพิ่มเติมที่จำเป็น เมื่อระเบียบปฏิบัติมีการเปลี่ยนแปลง

- ผู้ปฏิบัติงานต้องได้รับวัคซีนที่เหมาะสมสำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

- ควรมีการจัดเก็บตัวอย่างซีรัมของผู้ปฏิบัติงานก่อนเริ่มการปฏิบัติงาน (baseline serum samples) กับจุลชีพแต่ละชนิดอย่างเหมาะสม

- การทำงานทุกขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับจุลชีพ ต้องปฏิบัติในตู้ชีวนิรภัยที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมเท่านั้น และควรรองพื้นพื้นที่ปฏิบัติงานภายในตู้ด้วยกระดาษซับที่มีผิวด้านหลังเป็นพลาสติก เพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาดลดการปนเปื้อนหลังการปฏิบัติงาน

- หากจำเป็นต้องปฏิบัติงานนอกตู้ชีวนิรภัยต้องปฏิบัติโดยใช้ชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสม เพื่อช่วยให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

- ทำความสะอาดลดการปนเปื้อนพื้นที่ปฏิบัติงาน และเครื่องมือหลังเสร็จการปฏิบัติงานเป็นประจำหรือหลังจากการหกั่วไหลของสิ่งปนเปื้อนจุลชีพ ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อโรค (disinfectant) ที่เหมาะสม

- การลดการปนเปื้อนและทำความสะอาด กรณีเกิดการหกั่วไหลของสิ่งปนเปื้อนจุลชีพต้องปฏิบัติโดยผู้ที่ได้รับการฝึกอบรม และต้องมีวิธีการจัดการไว้ภายในห้องปฏิบัติการ

- เครื่องมือปนเปื้อนหากต้องการนำออกจากห้องปฏิบัติการ ต้องได้รับการลดการปนเปื้อนที่เหมาะสมก่อน

- สิ่งปนเปื้อนทุกชนิดจากห้องปฏิบัติการต้องได้รับการลดการปนเปื้อนด้วยวิธีที่เหมาะสม ก่อนนำออกจากห้องปฏิบัติการ โดยต้องมีการบรรจุในภาชนะที่สามารถป้องกันการรั่วไหลได้ในระหว่างขั้นตอนการจัดเก็บ การทำงาน และการขนส่งไปยังเครื่องนิ่งไอน้ำแรงดันสูงเพื่อนิ่งฆ่าเชื้อก่อนนำไปกำจัดที่เหมาะสม

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

- ผู้ปฏิบัติงานต้องรายงานต่อหัวหน้าห้องปฏิบัติการทันที เมื่อมีการหกกระเด็น หรือการรั่วไหลของสิ่งปนเปื้อนจุลชีพ และอุบัติเหตุ โดยต้องมีการเตรียมขั้นตอนสำหรับการประเมินการรักษา การดูแล และการรักษา ต้องมีการบันทึกและเก็บรักษาบันทึกนั้นไว้
- ผู้ปฏิบัติงานต้องเปลี่ยนเสื้อผ้าใส่ชุดเฉพาะสำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ
- ผู้ปฏิบัติงานต้องสามารถใช้ชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลได้อย่างเหมาะสม โดยต้องมีการพิจารณาเลือกจากการประเมินความเสี่ยงของงานในห้องปฏิบัติการ
- ต้องใส่ถุงมือเมื่อต้องปฏิบัติงานกับสิ่งปนเปื้อนเชื้อ เลือกชนิดถุงมือให้เหมาะสมกับงาน ไม่ใส่ถุงมือออกนอกห้องปฏิบัติการ เปลี่ยนถุงมือเมื่อปนเปื้อน ขาด หรือเมื่อมีความจำเป็นต้องไปปฏิบัติกิจกรรมอื่น และต้องใส่อย่างน้อย 2 คู่
- วัสดุปนเปื้อนจุลชีพที่ต้องการนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น ภาชนะ เสื้อกาวน์ ต้องผ่านการลดการปนเปื้อนและทำความสะอาดด้วยวิธีที่เหมาะสมก่อนนำกลับมาใช้
- หลีกเลี่ยงการใช้เครื่องแก้ว ของมีคม เครื่องมือมีคมภายในห้องปฏิบัติการ หากจำเป็นต้องใช้อย่างระมัดระวัง และฝึกการใช้ให้เกิดความชำนาญก่อนปฏิบัติจริงกับจุลชีพ

3. อุปกรณ์เครื่องมือเพื่อความปลอดภัย (safety equipment)

มีส่วนเพิ่มเติมจากของห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 2 ดังนี้

- ผู้ชีววิทยาระดับ 1 ใช้ในกรณีงานไม่ต้องการป้องกันชิ้นงานปนเปื้อน หากงานต้องการป้องกันการปนเปื้อนทั้งในส่วนของชิ้นงาน ผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม สามารถเลือกใช้ผู้ชีววิทยาระดับ 2 หรือระดับ 3 ได้
- ชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เช่น เสื้อกาวน์ต้องเป็นชนิดที่ปิดคลุมด้านหน้าไม่ควรเป็นแบบเปิดติดกระดุมด้านหน้า ต้องปิดคลุมได้ทั้งร่างกายและสามารถกันของเหลวซึมผ่านได้อย่างน้อยบริเวณด้านหน้า ต้องเป็นชนิดแขนยาวคลุมตลอดแขนจนถึงข้อมือ กรณีที่อาจเกิดการกระเด็นของสิ่งปนเปื้อนจุลชีพได้ขณะปฏิบัติงาน ต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันใบหน้าและดวงตา ในกรณีที่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจต้องเลือกให้เหมาะสมกับงานและใบหน้าของผู้ปฏิบัติงาน สำหรับการทิ้งอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลต้องทิ้งเป็นขยะติดเชื้อ หรือหากเป็นชนิดที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ต้องทำการลดการปนเปื้อนด้วยวิธีที่เหมาะสมก่อนทำความสะอาดแล้วนำกลับมาใช้ใหม่

- เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง (autoclave) สำหรับลดการปนเปื้อนอย่างน้อยต้องมีพร้อมใช้ภายในหน่วยงาน หรืออาจมีอยู่ภายในห้องปฏิบัติการ หรืออาจเป็นเครื่องนึ่งชนิด double door autoclave จะส่งเสริมให้เกิดความปลอดภัยทางชีวภาพมากขึ้น และต้องมีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้อยู่เสมอ
- เครื่องปั่นเหวี่ยงชนิดที่มี safety bucket หรือ safety rotor ซึ่งมีลักษณะมีฝาปิดสนิทมิดชิดเพื่อลดความเสี่ยงในการฟุ้งกระจายของสิ่งปนเปื้อนจุลชีพขณะปั่นเหวี่ยง
- ต้องหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุวิทยาศาสตร์ที่ทำจากเครื่องแก้ว เช่น ขวด หลอดทดลอง จานเพาะเชื้อ ไปเปต เป็นต้น เพื่อลดความเสี่ยง

4. การออกแบบและสิ่งอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการ (laboratory facilities)

การออกแบบและสิ่งอำนวยความสะดวกของห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 3 มีส่วนที่เพิ่มเติมจากห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 2 ดังนี้

- พื้นที่ห้องปฏิบัติการต้องแยกจากพื้นที่อื่นที่ไม่มีการจำกัดการเข้าออก หรือพื้นที่สาธารณะภายในอาคาร โดยการแยกต้องแยกให้ชัดเจนทั้งในด้านสภาพแวดล้อม และการใช้งาน
- พื้นผิวของผนัง พื้น ฝ้า ภายในห้องปฏิบัติการต้องมีพื้นผิวเรียบ ง่ายต่อการทำความสะอาด และการลดการปนเปื้อน ทนต่อการแทรกซึมของของเหลว สารเคมี และน้ำยาฆ่าเชื้อโรค
- ห้องปฏิบัติการต้องมีลักษณะที่สามารถปิดสนิท (sealable) เพื่อความสะดวกในการทำการลดการปนเปื้อนห้องปฏิบัติการด้วยการอบรมควันฆ่าเชื้อด้วยสารเคมี (fumigation) ซึ่งทำเมื่อเกิดการปนเปื้อนจุลชีพในปริมาณมากภายในห้องปฏิบัติการ หรือเมื่อต้องการปิดระบบเพื่อตรวจเช็คบำรุงรักษา หรือเมื่อต้องเปลี่ยนโครงการ เปลี่ยนการใช้ห้อง และหรือเมื่อต้องทำการปรับปรุงห้องปฏิบัติการ
- ต้องมีการออกแบบควบคุมทิศทางทางไหลของอากาศเข้าห้องปฏิบัติการ โดยทิศทางทางไหลเวียนของอากาศภายในห้องต้องเป็นแบบทิศทางเดียว โดยไหลเข้าห้องปฏิบัติการทางหนึ่งและออกจากห้องปฏิบัติการอีกทางหนึ่ง และไหลจากบริเวณสะอาดไปยังบริเวณที่ปนเปื้อน
- ต้องควบคุมการระบายอากาศจากห้องปฏิบัติการอากาศที่ถูกดูดออกจากห้องปฏิบัติการ ต้องไม่ไหลเวียนไปยังบริเวณอื่นภายในอาคาร หรือพื้นที่สาธารณะ โดยท่อระบายอากาศจากห้องปฏิบัติการต้องอยู่ห่างจากท่อนำอากาศเข้าบริเวณอื่นภายในอาคารและห่างจากพื้นที่สาธารณะ
- ต้องมีระบบการกรองอากาศจากห้องปฏิบัติการก่อนส่งออกสู่ภายนอกห้องปฏิบัติการด้วย HEPA filter (exhaust HEPA filter) และต้องมีการทดสอบการรั่ว (leak testing) HEPA filter แต่ละชิ้นเป็นประจำ

- ต้องมีการควบคุมความดันอากาศของห้องปฏิบัติการให้ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่โดยรอบ (negative pressure) โดยต้องมีค่าความดันแตกต่างระหว่างพื้นที่ติดกันอย่างน้อย -12.5 Pa
- ต้องมีอุปกรณ์สังเกตทิศทางการไหลของอากาศ (visual airflow monitoring) เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถตรวจสอบทิศทางการไหลของอากาศได้ตลอดเวลาที่ปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการ อย่างน้อยไว้บริเวณหน้าประตูทางเข้าโดยอาจมีสัญญาณเตือนกรณีทิศทางการไหลของอากาศผิดปกติ
- ระบบควบคุมความร้อน การระบายอากาศ และปรับอากาศ (heating, ventilation and air-conditioning (HVAC) control system) ต้องได้รับการออกแบบให้มีระบบป้องกันอากาศไหลย้อนกลับ และการเกิดความดันอากาศเป็นบวกภายในห้องปฏิบัติการต้องมีระบบเตือนภัยชนิดแสงและ/หรือเสียง เพื่อเตือนเกิดผู้ปฏิบัติงานกรณีระบบ HVAC ล้มเหลว



รูปที่ 4.4 ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 3

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

- ต้องมีประตูทางเข้าอย่างน้อย 2 ชั้น (double door entry) ประตูควรเป็นแบบปิดเองได้ (self closing door) และเปิดได้เพียงครั้งละหนึ่งบาน (interlock door)
- ต้องมีห้องปรับแรงดันอากาศ (anteroom) เป็นพื้นที่ที่ทางผ่านเข้าออกของห้องปฏิบัติการ อยู่ระหว่างประตูทางเข้า 2 ชั้น ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ออกแบบมาเพื่อช่วยในการรักษาระดับความดันของปฏิบัติการให้คงที่ พื้นที่บริเวณนี้อาจมีหรือไม่มีฝักบัวอาบน้ำอยู่ภายในห้องก็ได้ ขึ้นกับชนิดของจุลชีพที่ต้องปฏิบัติงานด้วย

- ต้องมีส่วนเปลี่ยนเสื้อผ้าใส่ชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล อาจอยู่ในบริเวณพื้นที่ห้อง anteroom โดยต้องแยกพื้นที่ระหว่างชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่สะอาดและสกปรกออกจากกันอย่างชัดเจน

- หากมีหน้าต่าง ทุกบานต้องปิดสนิท

- อ่างล้างมือควรติดตั้งอยู่ใกล้บริเวณประตูทางออก ควรมีก๊อกน้ำชนิดที่ไม่ต้องใช้มือเปิดปิด

- เฟอร์นิเจอร์ภายในห้องปฏิบัติการต้องสามารถรับน้ำหนักและเหมาะสมกับการใช้งาน พื้นที่ระหว่างโต๊ะ ตู้ และเครื่องมือต้องมีเพียงพอสำหรับการเข้าไปทำความสะอาด พื้นผิวโต๊ะปฏิบัติงานต้องป้องกันน้ำซึม ทนต่อความร้อนและสารละลายอินทรีย์ กรด ด่าง และสารเคมีที่ใช้ในการลดการปนเปื้อนได้ เก้าอี้ต้องมีพื้นผิวเรียบไม่เป็นรูพรุน หรือขรุขระ เพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ

- การติดตั้งตู้ชีวนิรภัยต้องติดตั้งในตำแหน่งที่ไม่ถูกรบกวนจากแหล่งกำเนิดลม เช่น ประตู หัวจ่ายหรือหัวดูดอากาศ บริเวณที่มีการสัญจรมาก เป็นต้น

- อากาศจากตู้ชีวนิรภัยระดับ 2 ซึ่งผ่านการกรองด้วย HEPA filter แล้วสามารถปล่อยออกสู่ภายในห้องปฏิบัติการได้ หรือหากเป็นตู้ชนิดต่อท่อต้องทำการต่อท่ออย่างถูกต้องเหมาะสม ต้องมีการตรวจสอบประสิทธิภาพของตู้อย่างสม่ำเสมอ และต้องตรวจรับรอง (certification) อย่างถูกต้องเหมาะสมเป็นประจำทุกปี

- ต้องออกแบบห้องปฏิบัติการให้สามารถเข้าถึงเพื่อใช้งานเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการลดการปนเปื้อน เช่น เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูงน้ำยาฆ่าเชื้อโรคได้สะดวกเมื่อต้องการใช้งาน

- ควรมีระบบที่ช่วยในการเฝ้าดูการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการ เช่น ประตูที่มีช่องกระจก กล้องวงจรปิด

- ควรมีระบบสื่อสารระหว่างผู้ปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการกับเจ้าหน้าที่ภายนอกห้องปฏิบัติการ เช่น โทรศัพท์ อินเทอร์เน็ต เป็นต้น

- ควรมีระบบส่งข้อมูล เช่น แฟกซ์ คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อเครือข่าย เป็นต้น

- ควรมีการติดตั้งระบบลดการปนเปื้อนน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการก่อนปล่อยสู่ระบบระบายน้ำทิ้งของหน่วยงาน

- การออกแบบห้องปฏิบัติการต้องคำนึงถึงการออกแบบพื้นที่ส่วนงานระบบที่จำเป็นต้องมีการซ่อมบำรุงจากผู้เชี่ยวชาญ ควรออกแบบให้สามารถเข้าพื้นที่ได้โดยไม่ต้องเข้าห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงการสัมผัสจุลินทรีย์จากห้องปฏิบัติการของผู้ไม่เกี่ยวข้อง

- ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 3 ทุกแห่งต้องมีเอกสารหลักฐานเกี่ยวกับแบบอาคารและวิธีการใช้งานของระบบต่างๆ

- การออกแบบ และการดำเนินการของระบบห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับที่ 3 ต้องได้รับการตรวจสอบประสิทธิภาพ ความพร้อมใช้งานของระบบห้องปฏิบัติการก่อนเริ่มใช้งาน

ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 4 (biosafety level4; BSL4)

ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 4 ระบุที่ 4.5) ห้องปฏิบัติการระดับนี้ต้องอยู่ภายใต้การควบคุมกำกับดูแลของหน่วยงานระดับชาติ เนื่องจากมีความเสี่ยงต่อบุคคลและสิ่งแวดล้อมสูงมาก ได้รับการออกแบบมาเพื่อการปฏิบัติงานกับจุลชีพกลุ่มเสี่ยงที่ 4 โดยก่อนการลงมือก่อสร้างห้องปฏิบัติการประเภทนี้ จำเป็นต้องปรึกษาผู้เชี่ยวชาญจากสถาบัน หรือหน่วยงานที่มีประสบการณ์ เนื่องจากเป็นห้องปฏิบัติการที่มีความซับซ้อนมากทั้งในส่วนของระบบการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อ เครื่องมือเพื่อความปลอดภัย ระบบการบริหารจัดการ และระเบียบปฏิบัติต่างๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานเฉพาะ

ข้อมูลข้างล่างนี้เป็นเพียงข้อมูลพื้นฐาน ผู้สนใจสามารถปรึกษาและหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากองค์การอนามัยโลก

1. มาตรฐานการปฏิบัติงานทางจุลชีววิทยา (standard microbiological practices) และข้อปฏิบัติเฉพาะ/ ที่จำเป็น (special practices)

ให้ใช้หลักเกณฑ์การทำงานเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 3 โดยเพิ่มเติมดังนี้

- ใช้กฎการปฏิบัติงานร่วมกันสองคนห้ามทำงานคนเดียวตามลำพัง
- เปลี่ยนเสื้อผ้าทุกชิ้นรวมทั้งรองเท้าทั้งก่อนเข้าและออกจากห้องปฏิบัติการ
- ต้องอาบน้ำก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ
- ผู้ปฏิบัติงานต้องได้รับการฝึกอบรมเรื่องวิธีการรับมือกรณีฉุกเฉิน เช่น เมื่อได้รับบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยในห้องปฏิบัติการ

หรือเจ็บป่วยในห้องปฏิบัติการ

- ต้องมีระบบสื่อสารระหว่างผู้ปฏิบัติงานที่กำลังทำงานในห้องปฏิบัติการระดับ 4 และ

เจ้าหน้าที่สนับสนุนที่อยู่นอกห้องปฏิบัติการ

- ต้องมีระบบเฝ้าระวังความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานขณะการปฏิบัติงาน
- ต้องมีการพิจารณาถึงวิธีการทดลองวิจัยที่จะทำ รวมทั้งอุปกรณ์สารเคมีตลอดจนชนิดของ

สัตว์ทดลองที่จะใช้ในการวิจัยให้ละเอียดถี่ถ้วนอย่างมากเป็นพิเศษ โดยเฉพาะกรณีเป็นห้องปฏิบัติการประเภท suit laboratory เพื่อใช้สำหรับการจัดการความเสี่ยง

2. อุปกรณ์เครื่องมือเพื่อความปลอดภัย (safety equipment)

ใช้เครื่องมือพื้นฐานสำหรับการปฏิบัติงานเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 3 โดยมีเพิ่มเติมดังนี้

- ต้องมีตู้ชีววิทยาระดับ 3
- ต้องมีเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง แบบ 2 ประตู (double door autoclave)
- ต้องมีชุดความดันอากาศเป็นบวก (positive pressure suit) ใช้ในกรณีห้องปฏิบัติการใช้

ตู้ชีววิทยาระดับ 2

3. การออกแบบและสิ่งอำนวยความสะดวกในห้องปฏิบัติการ (laboratory facilities)

ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 4 มีลักษณะใกล้เคียงกับห้องปฏิบัติการระดับ 3 แต่ลักษณะที่เพิ่มเติมได้แก่

3.1 ระบบควบคุมเชื้อชั้นพื้นฐาน โดยอาจมีลักษณะอย่างหนึ่งอย่างใดข้างล่างนี้ หรือมีลักษณะผสม

- ห้องปฏิบัติการชนิดใช้ตู้ชีววิทยาระดับ 3 (cabinet laboratory) มีลักษณะเบื้องต้น ดังนี้

- ต้องมี 2 ประตู โดยต้องมีห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าพนักงานทั้งก่อนเข้าและก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ
- มีห้องอาบน้ำอยู่กลางระหว่างห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าทั้งสอง
- มีเครื่องนิ่งไอน้ำแรงดันสูงแบบสองประตู หรือช่องรมควินสำหรับส่งวัสดุและอุปกรณ์เข้าห้องปฏิบัติการ สำหรับเครื่องนิ่งแบบสองประตูนั้นออกแบบมาให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเปิดประตูภายในได้ต่อเมื่อประตูภายนอกปิดสนิทแล้วเท่านั้น ซึ่งประตูเป็นระบบ interlock และประตูไม่สามารถเปิดออกได้เมื่อเครื่องนิ่งหรือช่องรมควินกำลังทำงาน

- ห้องปฏิบัติการชนิดผู้ปฏิบัติงานใส่ชุดจัดส่งอากาศความดันบวก (suit laboratory)

มีลักษณะเบื้องต้น คือ เป็นห้องปฏิบัติการที่ผู้ปฏิบัติงานมีการสวมใส่ชุดจัดส่งอากาศความดันบวก (positive-pressure supplied-air protective suit) ซึ่งเป็นชุดป้องกันที่มีเครื่องช่วยจ่ายอากาศสำหรับหายใจ ห้องปฏิบัติการประเภทนี้แตกต่างอย่างมากจากห้องปฏิบัติการระดับ 4 ที่ใช้ตู้ชีววิทยาระดับ 3 คือ

- ต้องมีพื้นที่สำหรับให้ผู้ปฏิบัติงานเปลี่ยนเสื้อผ้าและลดการปนเปื้อนตามร่างกายก่อนเข้าสู่ห้องปฏิบัติการ
- ต้องมีทั้งห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าทั้งห้องใส่และถอดชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล
- ต้องมีห้องฝักบัวลดการปนเปื้อนชุด (suit decontamination shower) สำหรับให้ผู้ปฏิบัติงานใช้ลดการปนเปื้อนชุดปฏิบัติการก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ
- ต้องมีห้องอาบน้ำฝักบัว (personnel shower) ซึ่งควรอยู่ระหว่างห้องใส่และถอดชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล
- ต้องมีระบบจ่ายอากาศเข้าสู่ชุดที่แยกเฉพาะเป็นอิสระสามารถจ่ายอากาศได้ 100% และทำงานได้แม้เกิดเหตุฉุกเฉิน
- มีระบบเตือนภัยฉุกเฉินสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่กำลังทำงานในห้องปฏิบัติการที่เหมาะสม

3.2 ระบบการควบคุมการเข้า-ออก

- ห้องปฏิบัติการควรตั้งอยู่ในอาคารที่แยกเฉพาะ
- ทางเข้าและทางออกของผู้ปฏิบัติงานและอุปกรณ์ต้องเป็นระบบ airlock หรือระบบ pass-through

3.3 ระบบควบคุมอากาศภายในห้องปฏิบัติการ ความดันอากาศต้องเป็นลบตลอดเวลาโดยทั้งอากาศที่ผ่านเข้าและออกจากห้องปฏิบัติการต้องผ่านการกรองด้วยตัวกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA filter) ระบบถ่ายเทอากาศระหว่างห้องปฏิบัติการใช้ตู้ชีวนิรภัยระดับ 3 และห้องปฏิบัติการชนิดผู้ปฏิบัติงานใส่ชุดจัดส่งอากาศความดันบวก มีข้อแตกต่างดังนี้

- ห้องปฏิบัติการชนิดใช้ตู้ชีวนิรภัยระดับ 3 (cabinet laboratory)

- อากาศที่เข้าสู่ตู้ชีวนิรภัยอาจถูกดูดจากอากาศภายในห้องผ่าน HEPA filter ที่ติดตั้งอยู่บนตู้หรือจากระบบส่งอากาศโดยตรงของระบบจ่ายอากาศของห้องปฏิบัติการ
- อากาศที่ออกมาจากตู้ชีวนิรภัยต้องผ่าน HEPA filter สองชั้นก่อนปล่อยออกสู่ภายนอก
- ความดันอากาศภายในตู้ชีวนิรภัยต้องเป็นลบตลอดเวลาเมื่อเปรียบเทียบกับความดันอากาศรอบภายในห้องปฏิบัติการ
- ระบบถ่ายเทอากาศในห้องปฏิบัติการต้องเป็นชนิดที่ไม่นำอากาศเก่าวนกลับมาใช้ซ้ำ

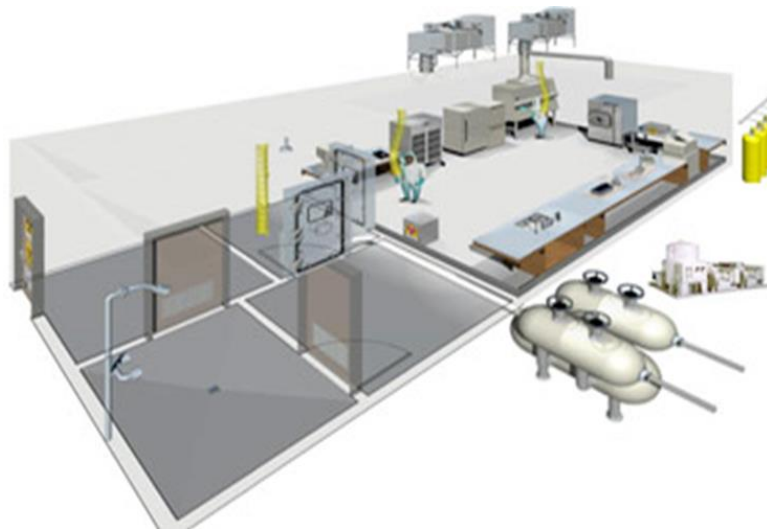
- ห้องปฏิบัติการชนิดผู้ปฏิบัติงานใส่ชุดจัดส่งอากาศความดันบวก (suit laboratory)

- ต้องมีระบบจ่ายอากาศเข้าและระบบดูดอากาศออก โดยต้องสมดุลและช่วยทำให้เกิดการไหลของอากาศจากบริเวณที่มีความเป็นอันตรายน้อยที่สุดไปยังบริเวณที่เสี่ยงต่ออันตรายมากที่สุด
- ต้องมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ให้สามารถแน่ใจได้ว่า จะรักษาความดันอากาศของห้องปฏิบัติการให้เป็นลบตลอดเวลา
- ต้องมีระบบที่ช่วยในการตรวจสอบความดันอากาศทั้งภายในและบริเวณใกล้เคียงกับห้องปฏิบัติการ รวมทั้งต้องมีการตรวจสอบการไหลเวียนของอากาศทั้งของระบบจ่ายอากาศเข้าและระบบดูดอากาศออก และต้องมีระบบควบคุมเพื่อควบคุมระบบความดันภายในห้องปฏิบัติการ
- ต้องมี HEPA filter สำหรับระบบจ่ายอากาศเข้าห้องปฏิบัติการรวมทั้งห้องอาบน้ำฝักบัวลดการปนเปื้อน (decontamination shower) และ decontamination airlock หรือ chamber

- อากาศที่ออกจากห้องปฏิบัติการต้องผ่าน HEPA filter สองชั้นก่อนปล่อยออกสู่ภายนอกและต้องไม่ถูกดึงไปใช้ใหม่ในบริเวณอื่น
- HEPA filter ทุกชั้นต้องได้รับการทดสอบและตรวจรับรองเป็นประจำสำหรับ HEPA ที่ผ่านการใช้งานแล้วต้องทำการลดการปนเปื้อนแล้วเผาทิ้งโดยในการทำการถอดและเคลื่อนย้ายต้องปฏิบัติด้วยวิธีที่เหมาะสม

3.4 ระบบการขจัดสิ่งปนเปื้อนในของเสีย

ต้องมีระบบลดการปนเปื้อนของเสียทุกประเภทจากห้องปฏิบัติการก่อนปล่อยออกจากห้องปฏิบัติการ โดยนิยมใช้ระบบการใช้ความร้อน (heat treatment) บางครั้งต้องมีการปรับความเป็นกรดต่าง (pH) ของของเสียให้เป็นกลางก่อนทิ้ง สำหรับน้ำจากห้องอาบน้ำฝักบัวทั่วไปและส้วมอาจทิ้งได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านการลดการปนเปื้อนฆ่าเชื้อ



รูปที่ 4.5 ห้องปฏิบัติการชีวโมเลกุลระดับ 4

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

3.5 ระบบการทำให้ปราศจากจุลชีพสำหรับขยะและวัสดุปนเปื้อน

ห้องปฏิบัติการต้องมีเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อแบบสองประตูและต้องมีวิธีการขจัดสิ่งปนเปื้อนแบบอื่นสำหรับอุปกรณ์หรือสิ่งของที่ไม่สามารถใช้วิธีนึ่งฆ่าเชื้อได้

3.6 ระบบส่งของเข้าห้องปฏิบัติการ ต้องเป็นช่องส่งของที่มีระบบ airlock

3.7 ระบบไฟสำรอง ต้องติดตั้งระบบไฟฟ้าสำรองกรณีฉุกเฉิน

3.8 ระบบระบายน้ำทิ้ง ต้องติดตั้งระบบระบายน้ำเสียที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.1 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างระดับชีวอนามัย ชนิดของห้องปฏิบัติการ วิธีปฏิบัติ เครื่องมือด้าน

ความปลอดภัย

ระดับชีวอนามัย biosafety level	ชนิดของห้องปฏิบัติการ laboratory type	วิธีปฏิบัติ practices	เครื่องมือด้าน ความปลอดภัย safety equipment
BSL1	ห้องปฏิบัติการพื้นฐาน สำหรับการเรียน การสอน การศึกษาวิจัย ระดับพื้นฐาน	<ul style="list-style-type: none"> • เทคนิคที่ดีทางจุลชีววิทยา (Good Microbiological Techniques; GMT) และ/หรือ • เทคนิคปลอดเชื้อ (aseptic techniques) 	ไม่ต้องการเครื่องมือพิเศษ สามารถปฏิบัติงานบนโต๊ะปฏิบัติการได้
BSL2	ห้องปฏิบัติการพื้นฐาน สำหรับการบริการสาธารณสุข การบริการตรวจวินิจฉัยโรค และการศึกษาวิจัย ระดับพื้นฐาน	<ul style="list-style-type: none"> • เพิ่มเติมจาก BSL1 • จำกัดการเข้าห้องปฏิบัติการ • สวมใส่ชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล • ติด biohazard sign • วิธีการปฏิบัติงานกับของมีคม • วิธีการลดการปนเปื้อน • วิธีการขนส่งขยะติดเชื้อ 	<ul style="list-style-type: none"> • เพิ่มเติมจาก BSL1 • Autoclave ที่สามารถใช้งานได้ • BSC กรณีอาจเกิดละอองของเหลวปนเปื้อนเชื้อฟุ้งกระจาย
BSL3	ห้องปฏิบัติการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อ สำหรับการวินิจฉัยโรคเฉพาะทางและการศึกษาวิจัย	<ul style="list-style-type: none"> • เพิ่มเติมจาก BSL2 • ควบคุมการเข้าออก • เปลี่ยนเสื้อผ้าก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ • วิธีการลดการปนเปื้อนขยะติดเชื้อ • วิธีการลดการปนเปื้อน การทำความสะอาด การกำจัดวัสดุปนเปื้อนเชื้อทุกชนิด 	<ul style="list-style-type: none"> • เพิ่มเติมจาก BSL2 • อุปกรณ์พื้นฐานอื่นๆ สำหรับการปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัยลดโอกาสการสัมผัสเชื้อในทุกกิจกรรมเช่น safety centrifuge • อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ (ถ้าจำเป็น)
BSL4	ห้องปฏิบัติการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อขั้นสูงสุด สำหรับการปฏิบัติงานกับเชื้อโรคอันตรายร้ายแรง	<ul style="list-style-type: none"> • เพิ่มเติมจาก BSL3 • ควบคุมการเข้าออกอย่างเข้มงวด • เปลี่ยนเสื้อผ้าก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ • อาบน้ำก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ • วิธีการลดการปนเปื้อนขยะ และวัสดุปนเปื้อนเชื้อทุกชนิดก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ 	<ul style="list-style-type: none"> • เพิ่มเติมจาก BSL3 • BSC Class III หรือ BSC Class II ใช้ร่วมกับ positive pressure suit ซึ่งประกอบด้วย อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจชนิด supplied air respirator • double door autoclave

ตารางที่ 4.2 สรุปสิ่งจำเป็นสำหรับห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับต่างๆ

	ระดับห้องปฏิบัติการชีววิทยา			
	1	2	3	4
- การแยกพื้นที่ ห้องปฏิบัติการจากพื้นที่ส่วนอื่นๆ	ไม่	ไม่	ใช่	ใช่
- ห้องสามารถปิดสนิทไม่รั่วซึม เพื่อการจัดสิ่งปนเปื้อน	ไม่	ไม่	ใช่	ใช่
- การระบายอากาศ				
• การควบคุมการไหลเข้าของอากาศ	ไม่	ควรมี	ใช่	ใช่
• ระบบควบคุมการระบายอากาศ	ไม่	ควรมี	ใช่	ใช่
• กรองอากาศระบายออกด้วยตัวกรองอากาศ	ไม่	ไม่	ใช่ ^ข	ใช่
• ประสิทธิภาพสูง (HEPA filter)				
- 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 ^ก	ไม่
- การบำบัดน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ	ไม่	ไม่	ใช่/ไม่ ^ก	ใช่
- เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave)				
• ภายในบริเวณหน่วยงาน (on site)	ไม่	ควรมี	ใช่	ใช่
• ภายในห้องปฏิบัติการ	ไม่	ไม่	ควรมี	ใช่
• (in laboratory room)				
• แบบ 2 ประตูด (double-ended)	ไม่	ไม่	ควรมี	ใช่
- ตู้ชีววิทย (Biological safety cabinet; BSC)	ไม่	ควรมี	ใช่	ใช่
- ระบบตรวจติดตามความปลอดภัยของพนักงาน ^ง	ไม่	ไม่	ควรมี	ใช่

^ก แยกพื้นที่ใช้งานออกจากทางเดินทั่วไป หรือพื้นที่สาธารณะ โดยแยกทั้งในด้านสภาพแวดล้อม และด้านการใช้งาน

^ข พระราชบัญญัติเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2558 กำหนดว่าอากาศที่ออกจากห้องปฏิบัติการต้องผ่านการกรองด้วย HEPA filter ในขณะที่ WHO แนะนำว่าสามารถมีหรือไม่มี การติดตั้งตัวกรองอากาศออกจากห้องปฏิบัติการ (exhaust HEPA filter) ขึ้นกับความอันตรายของจุลชีพ และ ตำแหน่งของ exhaust หากไม่มี exhaust HEPA filter ปลายท่อที่ปล่อยอากาศออกต้องปล่อยในบริเวณที่ห่างจากอาคารและพื้นที่อื่นที่มีการดึงอากาศกลับไปใช้ได้

^ค ขึ้นกับจุลชีพในห้องปฏิบัติการ

^ง ตัวอย่างเช่นช่องกระจกให้สามารถมองเห็นภายในห้องได้โทรทัศน์วงจรปิด และระบบการสื่อสารสองทาง (โทรศัพท์, อินเทอร์เน็ต)

การตัดสินใจการปฏิบัติงานเกี่ยวกับจุลชีพ ควรปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับใดนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการประเมินความเสี่ยงต่อชนิดของงาน การประเมินดังกล่าวจะพิจารณา

กลุ่มเสี่ยงของจุลชีพ เทคนิควิธีการ และปัจจัยอื่น เพื่อการจัดระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ ตัวอย่างเช่น เชื้อที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงที่ 2 โดยทั่วไปมักต้องใช้อาคาร สถานที่ รวมถึงอุปกรณ์และมาตรการปฏิบัติการในระดับความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 2 อย่างไรก็ตามในกรณีที่ต้องทำการทดลองเฉพาะทาง ซึ่งเป็นวิธีที่มีความเสี่ยงสูง อาจต้องทำงานในห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 ทั้งนี้เพื่อการควบคุมการฟุ้งกระจายของเชื้อ และลดความเสี่ยง ดังนั้นการพิจารณาระดับความปลอดภัยทางชีวภาพของห้องปฏิบัติการเพื่อปฏิบัติงาน จึงขึ้นกับการประเมินความเสี่ยงของผู้เกี่ยวข้องและต้องพิจารณาเป็นกรณีไป หรือยกตัวอย่างเช่น ในกรณี *Mycobacterium tuberculosis* เป็นเชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 3 เมื่อทำการประเมินความเสี่ยงตามชนิดของงานสามารถเลือกระดับห้องปฏิบัติการได้ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง รายการเชื้อโรคที่ประสงค์ควบคุมตามมาตรา 18 พ.ศ. 2560 (ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 134 ตอนพิเศษ 74 ง 10 มีนาคม 2560) ดังนี้

1. งานตรวจวินิจฉัยโรคในโรงพยาบาลทั่วไปสามารถดำเนินการได้ในห้องปฏิบัติการ BSL2 โดยปฏิบัติตาม good microbiological practices โดยเคร่งครัด
2. งานเพาะเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตเชื้อในปริมาณมาก ควรดำเนินการในห้องปฏิบัติการ BSL3 หรือเทียบเท่า (BSL2 enhanced)

นอกจากนี้สำหรับในเรื่องระดับมาตรการความปลอดภัยทางชีวภาพของห้องปฏิบัติการ ตามคู่มือความปลอดภัยทางชีวภาพของห้องปฏิบัติการ แก้ไขครั้งที่ 4 (Laboratory biosafety manual, fourth edition) ขององค์การอนามัยโลก ได้มีการกำหนดเป็นมาตรการในการควบคุมความเสี่ยง (risk control measures) 3 ระดับ ได้แก่ ข้อกำหนดหลัก (core requirements), มาตรการควบคุมขั้นสูง (heightened control measures) , และมาตรการควบคุมขั้นสูงสุด (maximum containment measures) โดยเป็นชุดของมาตรการควบคุมความเสี่ยง เพื่อควบคุมให้ระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (acceptable risk) ซึ่งรายละเอียดของมาตรการที่ใช้ในการจัดการความเสี่ยงขึ้นกับการประเมินความเสี่ยง ความเป็นไปได้ (likelihood) และผลกระทบที่ตามมา (consequence) ของความเสี่ยงที่อาจเกิดจากการปฏิบัติงานกับสารชีวภาพนั้น โดยสรุปเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจในเรื่องของระดับความปลอดภัยทางชีวภาพของห้องปฏิบัติการ ที่มีการจำแนกเป็น 4 ระดับ คือ BSL1-4 ซึ่งมีความสอดคล้องกันทั้งใน Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories ของ Centers for Disease Control and Prevention ประเทศสหรัฐอเมริกา และกฎหมายพระราชบัญญัติเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2558 ของประเทศไทยนั้น เมื่อพิจารณาจากกรอบข้อกำหนดทั่วไปของระดับความปลอดภัยทางชีวภาพของห้องปฏิบัติการ ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 1 และ 2 (BSL1 และ BSL2) ซึ่งจัดเป็นระดับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการพื้นฐาน (Basic laboratory) จะสอดคล้องกับข้อกำหนดหลัก (core requirements) สำหรับ BSL3 จะสอดคล้องกับมาตรการควบคุมขั้นสูง (heightened control measures) และ BSL4 จะสอดคล้องกับมาตรการควบคุมขั้นสูงสุด (maximum containment measures)

บทที่ 5

ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับอาคารเลี้ยงดูแลสัตว์ทดลอง (Animal Biosafety Level, ABSL)

การศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์ที่มีความจำเป็นต้องดำเนินการในสัตว์ทดลอง มีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงหลายประการ ตัวอย่างเช่น พันธุกรรมของสัตว์ สุขภาพอนามัยของสัตว์ เป็นต้น เพื่อไม่ให้เป็นตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง ดังนั้น หลักการเลี้ยงดูแลให้สัตว์ทดลองไม่เกิดความเครียด มีความเป็นอยู่ที่ดี รวมทั้งการปฏิบัติต่อสัตว์ที่สอดคล้องกับจริยธรรมและพระราชบัญญัติสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2558 จึงเป็นสิ่งที่ต้องตระหนัก นอกจากนี้ องค์ประกอบอื่นๆ เช่น อาคารเลี้ยงดูแลสัตว์ทดลองก็เป็นส่วนประกอบสำคัญในการป้องกันไม่ให้สัตว์ติดเชื้อหรือเกิดการแพร่กระจายของเชื้อ

อาคารเลี้ยงดูแลสัตว์ทดลองตามระบบความปลอดภัยทางชีวภาพ หมายถึง อาคารและอุปกรณ์รวมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใช้สำหรับเลี้ยงและดูแลสัตว์ เพื่อการวินิจฉัยและการทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเชื้อจุลชีพเพื่อให้สัตว์ทดลองได้รับการปฏิบัติอย่างมีมนุษยธรรม ลดความเจ็บปวดความทรมานให้มากที่สุด โดยต้องเป็นสถานที่ที่สะอาด มีการระบายอากาศ มีน้ำและอาหารอย่างพอเพียง เกี่ยวกับความปลอดภัยนั้น อาคารเลี้ยงดูแลสัตว์ควรตั้งอยู่อย่างอิสระ ไม่อยู่ติดกับสถานที่อื่น ห้องเลี้ยงสัตว์และห้องทดลองควรแยกออกจากห้องพักพนักงาน เพื่อป้องกันการติดเชื้อระหว่างมนุษย์และสัตว์ และเพื่อความสะดวกในการขจัดสิ่งปนเปื้อนโดยการฆ่าเชื้ออย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งสามารถป้องกันการแพร่กระจายเชื้อออกสู่ภายนอกได้

ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับสัตว์ทดลองของอาคารและอุปกรณ์เลี้ยงสัตว์ต้องได้รับการประเมินความเสี่ยง โดยคำนึงถึงกลุ่มเสี่ยงของเชื้อจุลชีพเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาซึ่งใช้ศึกษาเกี่ยวกับเชื้อจุลชีพก่อโรคในมนุษย์ ดังนั้น จึงแบ่งความปลอดภัยของอาคารและอุปกรณ์เลี้ยงสัตว์ทดลองเป็นระดับ 1, 2, 3 และ 4 ตามตารางที่ 5

1. ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงเกี่ยวกับเชื้อจุลชีพที่ใช้ทดลองในสัตว์ ได้แก่

- ช่องทางที่สามารถติดเชื้อได้ตามสภาวะปกติ
- ปริมาณและความเข้มข้นของเชื้อ
- วิธีการนำเชื้อเข้าสู่ร่างกายสัตว์
- วิธีหรือช่องทางที่เชื้อถูกขับออกจากร่างกายสัตว์

2. ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงเกี่ยวกับสัตว์ทดลอง ได้แก่

- อุปนิสัยและพฤติกรรมของสัตว์ เช่น ความก้าวร้าวของสัตว์ ความเสี่ยงต่อการโดนกัดหรือข่วน
- ประสิทธิภาพภายในและภายนอกที่อาจพบในตัวสัตว์

- โรคติดต่อระหว่างสัตว์และมนุษย์ รวมทั้งความไวของสัตว์ต่อการติดโรคนั้น
- การแพร่กระจายของสารก่อภูมิแพ้จากสัตว์ทดลองมายังผู้ปฏิบัติงาน

ตารางที่ 5 ห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองแบ่งตามระดับความปลอดภัยมาตรการและอุปกรณ์ที่จำเป็น

กลุ่มเสี่ยง	ระดับความปลอดภัย	มาตรการและอุปกรณ์
1	ABSL1	เขตหวงห้าม, เสื้อผ้าและถุงมือป้องกัน
2	ABSL2	เช่นเดียวกับ ABSL1 ร่วมกับเครื่องหมายเตือนอันตราย, ตู้ชีวนิรภัยระดับ 1 หรือ 2 สำหรับกิจกรรมที่อาจเกิดการฟุ้งกระจาย การฆ่าเชื้อขยะและกรงเลี้ยงสัตว์หลังใช้งาน
3	ABSL3	เช่นเดียวกับ ABSL2 ร่วมกับการควบคุมการเข้าออกตู้ชีวนิรภัยและชุดป้องกันส่วนบุคคลเฉพาะสำหรับทุกกิจกรรม
4	ABSL4	เช่นเดียวกับ ABSL3 ร่วมกับการควบคุมการเข้าออกแบบเข้มงวด การเปลี่ยนเสื้อก่อนเข้า ตู้ชีวนิรภัยระดับ 3 หรือชุดความดันบวก (positive pressure suit) การอาบน้ำก่อนออก การฆ่าเชื้อขยะทุกชนิดก่อนนำออกไปทิ้ง

ข้อกำหนดเกี่ยวกับการลักษณะการออกแบบอาคาร เครื่องมือ และระเบียบปฏิบัติของ ABSL มีมาตรการเพิ่มขึ้นตามระดับความปลอดภัยที่เพิ่มขึ้น มีรายละเอียดดังนี้

3. อาคารและอุปกรณ์เลี้ยงสัตว์สำหรับความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1 (ABSL1)

เหมาะสำหรับการปฏิบัติงานกับสัตว์ทดลองที่ได้รับเชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 1 และดูแลรักษาสัตว์หลังกักกันโรค (ยกเว้นสัตว์จำพวก non-human primates ทั้งนี้ ขึ้นกับระเบียบของแต่ละประเทศด้วย) ผู้รับผิดชอบอาคารเลี้ยงดูแลสัตว์ทดลองต้องจัดทำคู่มือปฏิบัติการและต้องมีการเฝ้าระวังทางการแพทย์ให้กับบุคลากรที่ปฏิบัติงาน รวมทั้งต้องจัดทำคู่มือความปลอดภัยและมีการนำไปใช้อย่างเหมาะสม

4. อาคารและอุปกรณ์เลี้ยงสัตว์สำหรับความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 2 (ABSL2)

สำหรับการปฏิบัติงานกับสัตว์ทดลองที่ได้รับเชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 2 มีข้อควรคำนึงด้านความปลอดภัย ดังนี้

- ใช้ข้อกำหนดพื้นฐานเช่นเดียวกับอาคารและอุปกรณ์เลี้ยงสัตว์ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 1
- ต้องติดสัญลักษณ์ชีวนิรภัยสากลไว้ที่ประตูหรือบริเวณที่เหมาะสม
- สถานที่เลี้ยงสัตว์มีลักษณะเป็นโรงเรือนปิด ง่ายต่อการดูแลและทำความสะอาด
- ประตูต้องเป็นแบบที่เปิดเข้าด้านในและสามารถปิดได้เอง
- อุณหภูมิ ความชื้นและ แสงสว่างในห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองต้องเหมาะสมและมีการถ่ายเทอากาศที่ดี

- ต้องควบคุมให้การไหลของอากาศที่ผ่านเข้าสู่ห้องเลี้ยงสัตว์แล้ว ไม่ไหลไปสู่บริเวณอื่นในอาคาร
- ห้ามบุคคลภายนอกที่ไม่ได้รับอนุญาตเข้าห้องเลี้ยงสัตว์ทดลอง
- ห้ามนำสัตว์อื่นเข้าห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองยกเว้นสัตว์ที่ใช้เพื่อการทดลองเท่านั้น
- ต้องมีโปรแกรมควบคุมสัตว์พาหะ
- ต้องป้องกันแสงเข้าจากภายนอกอาคาร
- พื้นที่ปฏิบัติงานต้องได้รับการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อที่เหมาะสมทุกครั้งหลัง

ปฏิบัติงานเสร็จ

- หากต้องปฏิบัติงานที่อาจก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของเชื้อ ต้องดำเนินการในตู้ชีวนิรภัยหรือกรงที่อากาศไหลเวียนแยกเฉพาะกรง ที่มีตัวกรองอากาศประสิทธิภาพสูง
- ควรมีเครื่องนั่งฆ่าเชื้อในห้องหรือใกล้กับพื้นที่เลี้ยงสัตว์ทดลอง
- วัสดุรองนอนต้องถูกเปลี่ยนทิ้งในลักษณะที่ไม่ทำให้เกิดฝุ่นหรือละอองฟุ้งกระจาย
- ขยะและของเสียรวมทั้งวัสดุรองนอนต้องได้รับการฆ่าเชื้อก่อนนำไปทิ้ง
- ควรหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุมีคม หากจำเป็นต้องใช้ ต้องทิ้งในภาชนะที่จัดไว้เฉพาะ
- การขนย้ายวัสดุเพื่อการนั่งฆ่าเชื้อหรือเผาทำลายต้องทำอย่างระมัดระวัง โดยขนย้ายในภาชนะที่มี

ฝาปิดสนิทและติดสัญลักษณ์ชีวนิรภัยสากล

- พื้นที่หรือกรงเลี้ยงสัตว์ต้องได้รับการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อทุกครั้งภายหลังการใช้งาน
- ซากสัตว์ต้องนำไปเผาทำลาย
- ห้ามนำเสื้อผ้า หรืออุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่ใช้ใส่ในพื้นที่ทดลองสัตว์ไปใส่ภายนอก
- ต้องมีบริเวณที่จัดไว้สำหรับล้างมือ และผู้ปฏิบัติงานต้องล้างมือก่อนออกพื้นที่เลี้ยงสัตว์
- ต้องบันทึกและจัดทำรายงานการบาดเจ็บของผู้ปฏิบัติงานทุกครั้งแม้เป็นการบาดเจ็บเล็กน้อย
- ห้ามบริโภคอาหาร ดื่มเครื่องดื่ม สูบบุหรี่หรือใช้เครื่องสำอางภายในห้องเลี้ยงสัตว์ทดลอง
- ผู้ปฏิบัติงานทุกคนต้องผ่านการฝึกอบรมการปฏิบัติงานอย่างเหมาะสม

5. อาคารและอุปกรณ์เลี้ยงสัตว์สำหรับความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3 (ABSL3)

เหมาะสำหรับการปฏิบัติงานกับสัตว์ทดลองที่ได้รับเชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 3 ระบบอาคารเลี้ยงสัตว์ต้องได้รับการประเมินและตรวจรับรองทุกปี โดยมีข้อควรคำนึงหรือด้านความปลอดภัยดังนี้

- ใช้ข้อกำหนดพื้นฐานเช่นเดียวกับอาคารและอุปกรณ์เลี้ยงสัตว์ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 2
- การเข้าออกของผู้ปฏิบัติงานต้องถูกควบคุมอย่างเข้มงวด
- ห้องเลี้ยงสัตว์ทดลองต้องแยกจากห้องปฏิบัติการ โดยมีประตู 2 ชั้น ซึ่งพื้นที่ระหว่างประตูเป็นห้อง (anteroom) ก่อนถึงห้องเลี้ยงสัตว์ทดลอง
- ต้องมีอ่างหรืออุปกรณ์ล้างมือในห้อง anteroom

- ควรมีห้องอาบน้ำหรือฝักบัวอาบน้ำในห้อง anteroom
- ต้องมีระบบถ่ายเทอากาศเพื่อควบคุมการไหลเวียนของอากาศภายในห้องเลี้ยงสัตว์ให้ได้อย่างต่อเนื่อง และทั่วถึงอากาศเสียที่ออกจากห้องเลี้ยงสัตว์จะถูกกรองผ่านแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA filter) ก่อนปล่อยออกภายนอกและต้องไม่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ รวมทั้งต้องและมีระบบป้องกันการเกิดอากาศไหลย้อนกลับซึ่งอาจก่อให้เกิดความดันบวกภายในห้องเลี้ยงสัตว์
- ต้องมีเครื่องนิ่งฆ่าเชื้ออยู่ภายในพื้นที่ทดลองสัตว์ โดยวางไว้ในตำแหน่งที่สะดวกต่อการใช้งานขณะติดเชื้อต้องนิ่งฆ่าเชื้อก่อนย้ายไปยังสถานที่กำจัด
- ควรมีเตาเผาสำหรับกำจัดซากสัตว์ทดลองหรือมีระบบการจัดการอย่างอื่น เช่น มอบหมายให้หน่วยงานอื่นที่ได้รับการประเมินแล้วว่ามีการจัดการที่ถูกต้องและเหมาะสมมาดำเนินการ
- สัตว์ทดลองที่ได้รับเชื้อกลุ่มที่ 3 ต้องถูกเลี้ยงในกรงที่มีอากาศไหลเวียนแยกเฉพาะกรง หรือในห้องที่มีท่อระบายอากาศติดตั้งที่กรง
- วัสดุรองนอนควรเป็นชนิดที่ไม่ทำให้เกิดฝุ่น
- ต้องฆ่าเชื้อเสื้อผ้าและอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลก่อนนำไปซัก
- หน้าต่างต้องปิดสนิทอยู่เสมอ
- ผู้ปฏิบัติงานควรได้รับการฉีดวัคซีนหรือได้รับการสร้างภูมิคุ้มกันโรคอย่างเหมาะสม

6. อาคารและอุปกรณ์เลี้ยงสัตว์สำหรับความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4 (ABSL4)

การปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการระดับนี้ สัมพันธ์กับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อชั้นสูงสุดความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4 โดยต้องปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับของประเทศในการปฏิบัติงานเสมอ หากต้องปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการชนิด suit laboratory ต้องมีวิธีและขั้นตอนการปฏิบัติงานดังนี้

- ต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดทั้งหมดของอาคารและอุปกรณ์เลี้ยงสัตว์ความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 3
- ควบคุมการเข้าออกของผู้ปฏิบัติงานอย่างเข้มงวด จำกัดเฉพาะเจ้าหน้าที่ที่ได้รับอนุญาตจากหัวหน้าหน่วยงานเท่านั้น
- ห้ามปฏิบัติงานตามลำพัง ต้องใช้กฎการปฏิบัติงานสองคนร่วมกันเสมอ
- ผู้ปฏิบัติงานต้องได้รับการฝึกอบรมด้านเทคนิคทางจุลชีววิทยาเป็นอย่างดีและต้องมีความรู้เกี่ยวกับอันตรายและข้อควรระวังที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน
- พื้นที่เลี้ยงดูแลสัตว์ที่ได้รับเชื้อในกลุ่มเสี่ยงที่ 4 ต้องมีมาตรการควบคุมจุลชีพเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการชีวโมเลกุลระดับ 4 (BSL4)
- การเข้าออกต้องผ่านห้อง airlocked anteroom เพื่อเปลี่ยนเสื้อผ้าหรืออาบน้ำ
- ผู้ปฏิบัติงานต้องเปลี่ยนเสื้อผ้าเมื่อจะเข้าห้องเลี้ยงสัตว์ โดยต้องสวมเสื้อผ้าและอุปกรณ์ป้องกันส่วน

บุคคลชนิดพิเศษที่จัดเตรียมใช้เฉพาะภายในพื้นที่ เมื่อปฏิบัติงานเสร็จต้องถอดเสื้อผ้าและอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลทุกชิ้นออกเพื่อนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ รวมทั้งต้องอาบน้ำก่อนออกจากพื้นที่ทุกครั้ง

- ห้องเลี้ยงสัตว์ต้องได้รับการออกแบบให้มีระบบกรองอากาศก่อนปล่อยออกสู่ภายนอกด้วยแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA filter)
- ระบบถ่ายเทอากาศต้องถูกออกแบบให้แน่ใจว่าความดันอากาศภายในห้องเป็นลบอากาศมีทิศทางไหลเข้าภายในห้องเลี้ยงสัตว์เท่านั้น มีระบบป้องกันการไหลย้อนกลับของอากาศเพื่อป้องกันมิให้ความดันอากาศภายในห้องเลี้ยงสัตว์เป็นบวก
- มีเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อชนิด 2 ประตูดัดตั้งในพื้นที่ โดยประตูด้านหนึ่งเปิดในพื้นที่สะอาดซึ่งอยู่ภายนอกห้องเลี้ยงสัตว์
- มีช่องส่งของชนิด airlocked passbox สำหรับส่งของที่ไม่สามารถนึ่งฆ่าเชื้อได้ โดยติดตั้งระหว่างห้องเลี้ยงสัตว์ และพื้นที่สะอาดภายนอก
- ทุกกิจกรรมที่ปฏิบัติกับสัตว์ที่ได้รับเชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 4 ต้องปฏิบัติภายใต้การป้องกันการแพร่กระจายเชื้อขั้นสูงสุดความปลอดภัยทางชีวภาพระดับ 4 (BSL4)
- สัตว์ทุกตัวต้องถูกเลี้ยงในกรงที่มีอากาศไหลเวียนแยกเฉพาะกรง
- วัสดุรองนอนและขยะทุกประเภทต้องถูกฆ่าเชื้อก่อนนำออกมาจากห้องเลี้ยงสัตว์
- ต้องมีการดูแลทางการแพทย์ให้กับบุคลากร

บทที่ 6

การจัดการลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ (Laboratory Design)

โครงสร้างของห้องปฏิบัติการจัดเป็นการควบคุมด้านวิศวกรรม (engineering control) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมความเสี่ยงทางชีวภาพและสนับสนุนให้เกิดความมั่นคงและความปลอดภัยทางชีวภาพ โดยทั่วไปห้องปฏิบัติการมักแบ่งพื้นที่การใช้งานออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) พื้นที่สำหรับการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ เช่น พื้นที่ทำการทดลอง 2) พื้นที่สำหรับปฏิบัติงานด้านเอกสารและบริหาร เช่น พื้นที่งานธุรการ งานคอมพิวเตอร์บันทึกข้อมูล และบริเวณจัดเก็บเอกสาร 3) พื้นที่สนับสนุนห้องปฏิบัติการ เช่น ห้องเก็บวัสดุอุปกรณ์ ห้องเย็น ห้องน้ำ ห้องล้าง เป็นต้น การเข้าพื้นที่ห้องปฏิบัติการต้องจำกัดเฉพาะบุคลากรที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น โดยสามารถกำหนดพื้นที่รักษาความปลอดภัยในการผ่านเข้า-ออกพื้นที่เป็นแบบทั่วทั้งอาคาร หรือเฉพาะพื้นที่ที่เป็นห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตามหากจัดแบ่งพื้นที่ปฏิบัติงานตามระดับของความปลอดภัย สามารถแบ่งได้ดังนี้

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

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

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

อย่างไรก็ตาม การจัดสรรพื้นที่ตามระดับความปลอดภัยดังกล่าวต้องคำนึงถึง การบริหารพื้นที่ที่มีอยู่ให้เกิดความปลอดภัยโดยมีพื้นที่พอเพียงสำหรับปฏิบัติงานซึ่งต้องอาศัยปัจจัยในการพิจารณา ได้แก่

1. ลักษณะและขอบข่ายงานที่ปฏิบัติ ต้องพิจารณางานที่ทำอยู่ในห้องปฏิบัติการนั้นเป็นงานที่เกี่ยวข้องกับอะไรบ้าง เช่น เป็นการทดลองเกี่ยวกับพืช การทดลองเกี่ยวกับสัตว์ การทดลองเกี่ยวกับเชื้อจุลชีพ การทดลองที่ต้องสัมผัสกับสิ่งส่งตรวจ เป็นต้นเพื่อที่จะได้จัดสรรและออกแบบพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปฏิบัติงาน

2. อุปกรณ์และเครื่องมือ เครื่องมือนับเป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ การจัดวางเครื่องมือให้เหมาะสมกับพื้นที่ต้องคำนึงถึงความจำเป็นและความถี่ในการใช้งาน กำลังไฟฟ้าที่เครื่องมือ นั้นต้องการ ขนาดและน้ำหนักของเครื่องมือที่โครงสร้างอาคารสามารถรองรับได้ ความสะดวกในการขนย้าย หรือทำความสะอาด

3. จำนวนผู้ปฏิบัติงานควรจัดสรรพื้นที่ให้เหมาะสมและพอเพียงต่อผู้ปฏิบัติงาน โดยต้องแบ่งพื้นที่ของ เจ้าหน้าที่ที่ทำการทดลองให้มากกว่าพื้นที่ของเจ้าหน้าที่ที่ทำงานด้านธุรการและเอกสาร ขนาดพื้นที่ปฏิบัติงาน ที่เหมาะสม แสดงในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ขนาดพื้นที่มาตรฐานสำหรับการทำวิจัยสำหรับห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์แต่ละประเภท

ประเภทของพื้นที่ห้องปฏิบัติการ (laboratory area categories) (ตารางเมตรต่อนักวิจัยหนึ่งคน)				
กิจกรรมหลัก	สำนักงาน ค่าน้อยสุด-เฉลี่ย	ห้องปฏิบัติการ ค่าน้อยสุด-เฉลี่ย	ส่วนสนับสนุน Lab ค่าน้อยสุด-เฉลี่ย	รวม ตร.ม.* ค่าน้อยสุด-เฉลี่ย
ชีววิทยาโมเลกุล	5.5-9.0	12.0-13.0	8.0	25.5-30.0
เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	5.5-9.0	9.5-13.0	9.5	24.5-31.5
เคมีวิเคราะห์	5.5-9.0	11.0-15.0	20.0-35.0	18.5-27.5
ชีวเคมี	5.5-9.0	13.0-17.5	60.0-80.0	24.5-34.5
เคมีอินทรีย์	5.5-9.0	15.0-19.0	40.0-50.0	24.5-33.0
เคมีเชิงฟิสิกส์	5.5-9.0	17.0-20.0	30.0-40.0	25.5-33.0
สรีรวิทยา	5.5-9.0	15.0-17.0	20.0-40.0	22.5-30.0

หมายเหตุ ขนาดพื้นที่รวมยังไม่รวมพื้นที่อื่นๆ เช่น พื้นที่เลี้ยงสัตว์ทดลอง สวนบริหาร สวนเจ้าหน้าที่ หรือส่วนสนับสนุนต่างๆของอาคาร

ลักษณะโครงสร้างหลักของห้องปฏิบัติการควรประกอบด้วยดังนี้

1. ทางเข้าออก หากมีผู้ปฏิบัติงานค่อนข้างมากควรกำหนดและจัดระเบียบการเข้าออก ควรแยกกันระหว่างประตูเข้าและประตูออก อาจจัดพื้นที่สำหรับผู้มาติดต่อที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยประตูควรปิดตลอดเวลาในขณะที่ปฏิบัติงาน อาจจัดหน่วยรักษาความปลอดภัยเพื่อดูแลการเข้าออกหรืออาจใช้ระบบการเข้าออกโดยระบบคีย์การ์ด

2. พื้นที่ก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ ต้องออกแบบพื้นที่ส่วนนี้ใกล้กับทางเข้าห้องปฏิบัติการในพื้นที่เปิดโดยในนี้จะประกอบด้วย

- สวิตช์ไฟ (light switches) สวิตช์ไฟต้องอยู่ใกล้ทางเข้าห้องปฏิบัติการและต้องติดป้าย / สัญลักษณ์ที่สวิตช์ไฟควบคุม

- พื้นที่เปลี่ยนรองเท้า (shoes changing area) ห้องปฏิบัติการควรจัดพื้นที่เปลี่ยนรองเท้าก่อนเข้าภายในพื้นที่ห้องปฏิบัติการ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนเชื้อและสิ่งสกปรกจากภายนอกเข้าสู่ห้องปฏิบัติการ และป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อในห้องปฏิบัติการออกสู่ภายนอกบริเวณห้องปฏิบัติการ รวมถึงห้องปฏิบัติการต้องวางมาตรการในการทำความสะอาดรองเท้าที่ใช้ภายในห้องปฏิบัติการที่เหมาะสม

- อ่างล้างมือล้างมือ (hand washing facilities) ต้องจัดให้มีอ่างล้างมือเฉพาะใกล้ทางเข้าห้องปฏิบัติการ โดยที่เหมาะสมกับกิจกรรมที่กำลังดำเนินการ อ่างล้างมือต้องมีขนาดพอเหมาะ ใต้ก๊อกน้ำติดป้ายว่า “สำหรับล้างมือเท่านั้น” และควรจะเป็นก๊อกน้ำสำหรับที่เปิดปิดได้โดยไม่ต้องใช้มือ ต้องจัดเตรียมเครื่องจ่ายสบู่เหลว กระดาษเช็ดมือ และถังขยะทิ้งกระดาษเช็ดมือ

- ตู้/ตะขอแขวนเสื้อห้องปฏิบัติการ (laboratory coat hooks/cupboard) ต้องจัดให้มีตู้จัดเก็บ/ตะขอแขวนเสื้อในห้องปฏิบัติการเพียงพอตามจำนวนบุคลากรที่ประมาณการของห้องปฏิบัติการ และผู้เยี่ยมชม โดยแยกต่างหากจากเสื้อผ้าที่ใส่จากภายนอกซึ่งจะต้องจัดให้อยู่ในตำแหน่งที่สะดวกสำหรับผู้ใช้อาคารห้องปฏิบัติการภายนอกพื้นที่ห้องปฏิบัติการ

3. ขนาดประตู ประตูห้องปฏิบัติการต้องมีขนาดกว้างพอที่จะสามารถนำเครื่องมือขนาดใหญ่เข้าออกได้สะดวก และสามารถเปิดกว้างเพื่อให้ผู้คนเข้าออกได้อย่างสะดวกในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินประตูห้องปฏิบัติการที่ดีควรเป็นแบบ door and half คือเป็นประตู 2 บาน โดยมีบานหนึ่งใหญ่อีกบานหนึ่งมีขนาดเล็ก บานที่มีขนาดใหญ่จะถูกใช้เปิดปิดประจำส่วนบานเล็กจะถูกใช้ในกรณีมีการขนย้ายอุปกรณ์

4. พื้นที่ว่างระหว่างประตูเข้าออก (wall space) เว้นระยะห่างบริเวณผนังด้านข้างประตู ทั้งภายในและภายนอกห้องปฏิบัติการอย่างน้อย 60 เซนติเมตร เพื่อเป็นตำแหน่งติดตั้งสวิตช์ไฟ เทอร์โมสแตทระบบปรับอากาศ และอุปกรณ์ความปลอดภัยอื่นตามความเหมาะสม เช่น อุปกรณ์ดับเพลิง อุปกรณ์ตัดไฟฟ้าฉุกเฉิน วาล์วปิดระบบก๊าซ และระบบอัดอากาศที่จ่ายไปยังห้องปฏิบัติการ

5. พื้นห้องปฏิบัติการ พื้นห้องต้องสามารถรองรับเครื่องมืออุปกรณ์ที่มีน้ำหนักมากได้ ควรผลิตด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง ทนทานต่อสารเคมีที่เป็นกรดและด่างได้ดี พื้นผิวต้องไม่ลื่น สามารถทำความสะอาดได้ง่าย โดยทั่วไปมักเป็นพื้นคอนกรีตหรือพื้นหินขัดที่เคลือบด้วยโพลีเอทิลีน หรือ ปูทับด้วยแผ่นยางประเภท polyvinylchloride (PVC) อีกชั้นหรือปูทับด้วยพรมน้ำมันที่ไม่มีรอยต่อ วัสดุปูพื้นควรมีความหนาอย่างน้อย 2.5 มิลลิเมตร และควรติดตั้งให้คลุมผาผนังเป็นขอบบัวพื้น สูงจากพื้นประมาณ 150 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันไม่ให้มีการซึมผ่านของเหลวเข้าไปในช่องว่างด้านหลัง ช่วงรอยต่อระหว่างพื้นกับผนังควรทำให้โค้งงอเพื่อช่วยให้อาการทำความสะอาดได้ง่ายขึ้น ไม่แนะนำให้ปูวัสดุพื้นปูต่อกัน ถ้าจำเป็นให้ทำการเชื่อมต่อวัสดุให้เป็นชิ้นเดียวกัน และตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีรอยต่อที่ของเหลวสามารถซึมผ่านได้

6. โต๊ะปฏิบัติการ มีทั้งชนิดติดตั้งถาวรและชนิดเคลื่อนย้ายได้ ความสูงมาตรฐานของโต๊ะประมาณ 29-30 นิ้ว (หากนั่งทำงาน) และ 36-37 นิ้ว (หากยืนทำงาน) ผลิตจากวัสดุที่คงทนทนต่อความร้อน ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี ทำความสะอาดง่าย และต้องแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักของอุปกรณ์ที่จะวางบนนั้นได้ โดยไม่เกิดการแอ่นโค้ง โดยที่นิยมส่วนมากจะทำจากไม้เนื้อแข็ง หินขัด ปูนซีเมนต์ และปูทับพื้นโต๊ะด้วยแผ่นฟอร์มิก้า (formica) แผ่นโลหะหรือแผ่นพลาสติกชนิดพิเศษ พื้นโต๊ะต้องเรียบไร้รอยต่อเพื่อป้องกันการสะสมของสารพิษและเชื้อโรค

7. ชั้นวางของ พื้นผิวของชั้นวางของต้องมีลักษณะเหมือนกับโต๊ะปฏิบัติการ ชั้นวางต้องไม่สูงเกิน 1.80 เมตรจากระดับพื้น ชั้นวางของบนที่ตั้งอยู่บนกลางโต๊ะปฏิบัติการจะต้องยึดตรึงให้มั่นคงกับโต๊ะ และควรกำหนดวงรอบการจัดเก็บของในชั้นวาง แบบร้านขายสินค้าอุปโภค บริโภค คือ เข้าก่อนออกก่อน (first in first out, FIFO)

8. เก้าอี้ห้องปฏิบัติการ จะต้องมียุ่ระยะห่างเพียงพอระหว่างเก้าอี้และพื้นที่ด้านล่างโต๊ะปฏิบัติการ เพื่อรองรับเข้าและขาของผู้ปฏิบัติงาน เก้าอี้ต้องมีความมั่นคงแข็งแรง สามารถปรับระดับความสูงได้ และหุ้มด้วยวัสดุที่เช็ดทำความสะอาดได้ไม่มีรูพรุน เก้าอี้แบบมีล้อเลื่อนอาจต้องใช้ลูกล้อแบบล็อกได้ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการใช้งาน

9. ระบบถ่ายเทอากาศ ระบบการถ่ายเทอากาศที่ดีจะช่วยลดระดับของไอหรือควันจากสารเคมี ควรติดตั้งระบบดูดอากาศเสียจากภายในออกสู่ภายนอกเพื่อป้องกันการหมุนเวียนอากาศเสียภายในห้องปฏิบัติการ โดยต้องมีอากาศบริสุทธิ์เพียงพอและมีการไหลผ่านในทุกห้องปริมาตร 5-10 ห้องต่อชั่วโมง (air-changes per hour) ขึ้นอยู่กับกิจกรรมภายในห้องปฏิบัติการ ตำแหน่งช่องนำอากาศเข้าต้องห่างจากที่เกิดอากาศเสียและช่องระบายอากาศทิ้งไม่น้อยกว่า 5 เมตร และควรอยู่สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 3 เมตร ห้องปฏิบัติการควรติดตั้งอุปกรณ์ช่วยลดอันตรายจากสารเคมีและเชื้อจุลชีพ (local exhaust ventilation, LEV) เช่น พัดลมดูดอากาศดูดควัน ตู้ชีวนิรภัยที่มีแผ่นกรอง HEPA ในการดักจุลชีพ ตลอดจนติดตั้งระบบดูดอากาศเสียจากภายในออกสู่

ภายนอกเพื่อป้องกันการหมุนเวียนอากาศเสียภายในห้องปฏิบัติการ สำหรับห้องปฏิบัติการที่มีการใช้สารเคมีที่เป็นสารระเหย ซึ่งส่วนมากก๊าซที่เกิดขึ้นจะหนักกว่าอากาศ การติดตั้งระบบดูดอากาศจึงควรติดตั้งในตำแหน่งที่ใกล้เสียงระดับพื้น โดยสูงจากพื้นประมาณ 20-30 เซนติเมตร

10. ระบบสาธารณูปโภค ซึ่งประกอบไปด้วย ระบบน้ำประปา ไฟฟ้า แก๊ส และระบบสื่อสาร ซึ่งมีความสำคัญสำหรับห้องปฏิบัติการ จึงควรมีการวางแผนผังให้เหมาะสม เจ้าหน้าที่ทุกคนควรทราบตำแหน่งที่ตั้งและวิธีการเปิดปิดวาล์วน้ำ แก๊ส และแผงควบคุมวงจรไฟฟ้า เพื่อสามารถเปิดปิดได้ทันทีในกรณีเหตุฉุกเฉิน หากมีการอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่ใช้ไฟฟ้าแรงสูง หรือกินกระแสไฟสูง จะต้องมียุติการจ่ายไฟฟ้า เพื่อตัดไฟฟ้าในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน และควรอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับอุปกรณ์ที่จ่ายไฟฟ้า และอยู่ในตำแหน่งที่เข้าถึงได้ง่าย รวมถึงต้องมีป้ายระบุอุปกรณ์ที่ยุติการจ่ายไฟฟ้าไว้อย่างชัดเจน การออกแบบท่อน้ำ ท่อแก๊ส หรือของเหลวประเภทอื่นไปตามท่อ ควรมีการระบุลูกศรแสดงทิศทางการไหลรวมทั้งระบุชื่อในแต่ละท่อว่าเป็นท่อสำหรับส่งผ่านสิ่งใด โดยกำหนดสีของตัวอักษรตามชนิดของสารเช่น สารเคมีอันตรายสูง (สารไวไฟ สารที่มีแรงดันสูง สารเคมีที่เป็นพิษสูง สารกัมมันตภาพรังสี) ควรใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีเหลือง สารเคมีอันตรายน้อย (เช่น แก๊สหรือของเหลวผสม) ควรใช้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีเขียวสารที่ใช้ดับเพลิง (น้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) ควรใช้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีแดง การติดตั้งระบบแก๊สควรเป็นระบบนำส่งตามท่อจากหน่วยกลาง ไม่ควรใช้ระบบแก๊สเป็นถังย่อย และควรมีการติดตั้งระบบตัดแก๊สอัตโนมัติเพื่อป้องกันการเกิดแก๊สรั่วและการระเบิด

11. อ่างน้ำ ภายในห้องปฏิบัติการควรจัดให้มีอ่างน้ำมีอย่างน้อย 2 แห่ง ซึ่งแยกตำแหน่งกันโดยกำหนดจุดหนึ่งเป็นอ่างล้างมือเท่านั้น อีกจุดหนึ่งใช้สำหรับล้างวัสดุอุปกรณ์ อ่างน้ำควรทำมาจากวัสดุที่ทนทานต่อสารเคมี เช่น สแตนเลส (stainless) พลาสติก PE (polyethylene) เป็นต้น ก๊อกควรเป็นทรงสูง ปลายก๊อกน้ำควรเอียงสำหรับต่อสายยาง ท่อน้ำทิ้งควรแยกออกจากท่อน้ำเสียทั่วไปปลายท่อน้ำทิ้งควรต่อไปยังระบบบำบัดน้ำเสียที่ออกจากห้องปฏิบัติการ ก่อนการส่งออกไปยังภายนอก มีการใช้มัลกัม หรือก้อนโลหะขนาดเล็ก ต้องติดตั้งตะแกรงแยกเข้าที่บรูระบายน้ำกันอ่างน้ำ และต้องให้คำแนะนำการใช้งานและการบำรุงรักษา กับผู้ใช้งาน

12. ความสว่าง ควรมีแสงสว่างเพียงพอสำหรับการปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันความผิดพลาดและอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานหากเป็นไปได้ควรออกแบบอาคารให้รับแสงอาทิตย์ที่เพียงพอเพื่อประหยัดพลังงานโดยอาจมีหน้าต่างบานใหญ่เพื่อรับแสงอาทิตย์ได้เต็มที่ ความสว่างที่เหมาะสมในห้องปฏิบัติการไม่ควรน้อยกว่า 500-1,000 ลักซ์ ปริมาณแสงสว่างอาจขึ้นอยู่กับประเภทห้องและจุดประสงค์ของการทำงานเช่นห้องเก็บของอาจไม่ต้องการแสงสว่างมากเท่ากับห้องปฏิบัติการเพราะสารเคมีบางชนิดห้ามโดนแสง เป็นต้น ต้องมีไฟฉุกเฉินติดตั้ง

อย่างเพียงพอ สำหรับห้องมีด ไฟสีแดงลักซ์ต่ำอาจจะเหมาะสม สวิตช์ไฟต้องมีป้ายระบุว่าแต่ละสวิตช์ควบคุม โคมไฟตำแหน่งใด

13. อุณหภูมิและความชื้น ควรติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่ผู้ปฏิบัติงานและ การทำงานของเครื่องมือวิทยาศาสตร์ อุณหภูมิที่เหมาะสมของห้องปฏิบัติการควรมีอยู่ในช่วงประมาณ 21-24 องศาเซลเซียสความชื้น 50±10%RH

14. ตู้ชีวนิรภัย (biological safety cabinet) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการไหลของอากาศที่ให้การปกป้องสาม ประการ ได้แก่ปกป้องผู้ใช้งาน ปกป้องชิ้นงาน และปกป้องสิ่งแวดล้อมอาศัยการทำงานของอุปกรณ์ที่สำคัญ 2 ชนิดได้แก่ 1) มอเตอร์พัดลมสำหรับควบคุมแรงลมและทิศทางการไหลของอากาศ และ 2) แผ่นกรอง ประสิทธิภาพสูง (high efficiency particulate air filter; HEPA) สำหรับกรองอนุภาค เช่นจุลชีพหรือฝุ่นผง ที่ไม่ต้องการให้ปนเปื้อนแผ่นกรอง HEPA สำหรับใช้ในตู้ชีวนิรภัยจะต้องมีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาค ขนาด 0.3 ไมครอนได้มากกว่า 99.99% แผ่นกรอง HEPA ไม่สามารถกรองไอระเหยสารเคมีได้ ตู้ชีวนิรภัย แบ่งย่อยเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) ตู้ชีวนิรภัยระดับ 1-2, 2) ตู้ชีวนิรภัยระดับ 2-3 และ 3) ตู้ชีวนิรภัยระดับ 3 โดยตู้ชีวนิรภัยที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการมากที่สุดได้แก่ตู้ชีวนิรภัยระดับ 2 รายละเอียดของตู้ชีวนิรภัยแต่ละ ชนิดโปรดดูรายละเอียดในบทที่ 8 เครื่องมือที่มีผลต่อความปลอดภัยทางชีวภาพ

ในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะตู้ชีวนิรภัยระดับ 2 ซึ่งแบ่งย่อยออกได้อีก 4 ชนิด คือ Type A1, Type A2, Type B1 และ Type B2 ซึ่งสรุปความแตกต่างของแต่ละชนิดไว้ในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 คุณลักษณะและการใช้งานที่เหมาะสมของตู้ชีวนิรภัยระดับ 2

ความเร็วลมเข้าหน้าตู้ (ฟุตต่อนาที)	ตู้ชีวนิรภัย Class II Type				
	A1	A2	B1	B2	C1
	75	100	100	100	100
ระบบหมุนเวียนอากาศใช้ ภายในตู้	ระบายออก 30% หมุนเวียนกลับมาในตู้ 70%		ระบายออก 70% หมุนเวียนกลับมา 30%	ไม่มีการหมุนเวียน ระบายออกทั้งหมด	ระบายออก 60% หมุนเวียนกลับมา 40%
ลักษณะพิเศษภายนอก	-	(อาจมี) ท่อระบาย อากาศแบบชุดผ้า ครอบคูดควัน (canopy) เป็นระบบ ระบายอากาศเฉพาะ จุด	จำเป็นต้องต่อกับระบบระบายอากาศของอาคาร และเป็นการเชื่อมต่อแบบปิดเท่านั้นต้องมีระบบ interlock ซึ่งเป็นกลไกป้องกันในกรณีที่เกิดลม ระบายอากาศของอาคารระบายอากาศลดลง เกิน 20%	(อาจมี) ท่อระบายอากาศแบบ ชุดผ้าครอบคูดควัน (canopy) เป็นระบบระบายอากาศ เฉพาะจุด หรือเชื่อมต่อกับ ระบบระบายอากาศของ อาคารและเป็นการเชื่อมต่อ แบบปิด	
ใช้สารเคมีที่มีไอระเหย สารเคมีอันตราย สารเคมี ไวไฟ หรือ สาร กัมมันตรังสี	ไม่ควรใช้	ใช้ได้ปริมาณน้อยแต่ ต้องเชื่อมกับระบบ ระบายอากาศผ่านผ้า ครอบคูดควัน	ใช้ได้ปริมาณน้อย	ใช้ได้ปริมาณมากกว่า Type A2 และ B1	ใช้ได้ปริมาณมากกว่า ใช้ได้ ปริมาณมากกว่า Type A2, B1และ B2

15. ตู้ดูดควัน (fume hood) เป็นเครื่องมือที่มีความจำเป็นมากในห้องปฏิบัติการหากต้องปฏิบัติงานกับสารเคมีหรือสารพิษตู้ดูดควันส่วนใหญ่ติดตั้งเข้ากับระบบระบายอากาศของตัวอาคาร ตู้ดูดควันส่วนใหญ่ประกอบด้วยพัดลมดูดอากาศในท่อดูดอากาศเสียโดยใช้ระบบ negative pressure เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศที่ปนเปื้อนเล็ดลอดไปได้ โดยทั่วไปมักใช้กับการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับกรด ด่าง สารทำละลาย ประตูอาจเปิดแนวตั้ง (vertical sash) หรือประตูเปิดแนวนอน (horizontal sash) การทำงานของตู้ดูดควันขึ้นกับค่า face velocity ซึ่งเป็นค่าของอัตราความเร็วโดยเฉลี่ยของอากาศต่อหน่วยพื้นที่ที่ไหลเข้าไปในตู้แบบตั้งฉากกับ hood face โดยอัตราที่เหมาะสมคือ 100-150 ฟุตต่อวินาทีสำหรับการปฏิบัติงานกับสารเคมีที่มีอันตรายและความเป็นพิษสูง ส่วนการปฏิบัติงานกับสารเคมีที่มีความเป็นพิษน้อยถึงปานกลางอาจใช้ความเร็วที่อัตรา 80-100 ฟุตต่อวินาทีก็เพียงพอ และควรติดตั้งตู้ดูดควันไว้บริเวณด้านในสุดของห้องและต้องห่างจากประตู หน้าต่างหรือทางเดินเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของอากาศบริเวณประตูหน้าต่างซึ่งอาจรบกวนระบบไหลเวียนอากาศของตู้ดูดควันได้ และขณะใช้ตู้ดูดควันควรยืนห่างจากตู้อย่างน้อยประมาณ 6 นิ้วควรสวมถุงมือ แว่นตานิรภัยและเสื้อคลุม ขณะปฏิบัติงานกับสารเคมีในตู้ดูดควัน และไม่ควรรใช้ตู้ดูดควันเป็นที่เก็บสารเคมีทุกชนิด

16. ตู้เก็บสารเคมีวัสดุที่ใช้ทำตู้ส่วนใหญ่คือโลหะชนิด epoxy-coated steel และพลาสติกชนิด polyethylene แต่ส่วนใหญ่มีกนียมกลุ่ม epoxy-coated steel เพราะทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีประตูตู้อาจมีทั้งประตูเดี่ยวและประตูคู่ และต้องมีการติดสัญลักษณ์ให้ทราบว่าเป็นสารเคมีประเภทใดหากต้องเก็บสารเคมีประเภทไวไฟ ตู้เก็บอาจทำด้วย epoxy-coated steelแบบมีผนังหนาสองชั้นและบุด้วยฉนวนกันไฟ ห้ามเก็บสารเคมีโดยเรียงตามตัวอักษรควรเก็บสารเคมีตามหลักการการเข้ากันได้ (compatible) การจัดเก็บสารเคมีไวไฟสามารถวางรวมกับสารกลุ่มเดียวกันได้แต่ไม่เกิน 5 ขวด (ขวดละ 1 แกลลอน) และควรวางห่างจากแหล่งกำเนิดความร้อน เช่น ตู้เย็น เครื่องใช้ไฟฟ้า ตำแหน่งที่ตั้งของตู้เก็บสารเคมีไม่ควรอยู่ใกล้ประตู ภาชนะบรรจุที่เป็นแก้วควรวางไว้ชั้นล่างสุดของตู้

17. บริเวณจัดเก็บขยะ (waste points) ห้องปฏิบัติการต้องจัดพื้นที่เฉพาะสำหรับเก็บขยะที่มาจากห้องปฏิบัติการเพื่อรอส่งทำลาย โดยต้องแยกพื้นที่เป็น ขยะติดเชื้อ ขยะทั่วไป และขยะสารเคมี สำหรับขยะติดเชื้อจะต้องทำการฆ่าเชื้อโดยการแช่น้ำยาฆ่าเชื้อ หรือใช้หม้อนึ่งความดันฆ่าเชื้อก่อนนำไปจัดเก็บ

18. อุปกรณ์ล้างตาฉุกเฉิน (emergency eye wash) ควรติดตั้งไว้ประจำที่บริเวณที่ติดตั้งต้องมีการวางระบบระบายน้ำทิ้งที่พื้น (floor drain) และจำเป็นต้องมีวางอยู่ห่างจากที่ปฏิบัติงานประมาณ 25-50 ฟุต หรือใช้เวลาสามารถเข้าถึงจุดได้ภายใน 10 วินาที และระหว่างทางไม่ควรมีสิ่งกีดขวางการเปิดน้ำอาจใช้ระบบเปิดด้วยเท้า (foot paddle) หรือใช้มือผลัก (push bar) ควรให้น้ำพุ่งเข้าตาผ่านทางฐานจุ่มโดยไม่ให้น้ำพุ่งเข้าลูกตาโดยตรง และใช้นิ้วบังคับเปลือกตาเพื่อให้ น้ำล้างตาได้ทั่วถึง หัวพ่นน้ำควรที่จะมีฝาครอบป้องกันฝุ่นละอองและควรทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอโดยการ flush น้ำทิ้งอย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง น้ำยาล้างตาแบบ

ขวด จัดเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้แทน emergency eye wash แต่ต้องเป็นการใช้งานแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง

19. ฝักบัวฉุกเฉิน (deluge shower) ควรติดตั้งในบริเวณเดียวกันกับเครื่องล้างตาหรือตำแหน่งที่สามารถเข้าถึงได้ภายใน 10 วินาที ฝักบัวควรสูงจากพื้นประมาณ 7-8 ฟุต ห่างจากกำแพงอย่างน้อย 25 นิ้ว การเปิดฝักบัวอาจใช้ตัวผลัก (paddle) หรือใช้การดึงโซ่ บริเวณที่ติดตั้งจะต้องมีการวางระบบ floor drain ฝักบัวฉุกเฉินมีอยู่ 3 แบบ คือ

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

20. ชุดอุปกรณ์เผชิญเหตุสารรั่วไหล (spill kits) ขนาดของ spill kit ต้องมีความเหมาะสมกับปริมาณของสารที่อาจหกรั่วไหล ซึ่งปกติแล้วจะต้องมีขนาดเป็น 2 เท่าของขนาดภาชนะบรรจุที่ใหญ่ที่สุดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ จะต้องวางในตำแหน่งใกล้กับทางเข้าห้องปฏิบัติการ และมีการติดป้ายระบุตำแหน่งและชนิดของ spill kit อย่างชัดเจน

21. ระบบเตือนภัย ต้องมีการติดตั้งระบบเตือนภัยคู่กับถังดับเพลิงในห้องปฏิบัติการระบบเตือนภัยที่ดีต้องส่งเสียงดังได้ทั่วอาคาร อาจเป็นเสียงกระดิ่งหรือเสียงระฆังและอาจมีไฟสีแดงกระพริบโดยระบบเตือนภัยประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ

- กล้องกระตุ้นให้กระดิ่งหรือสัญญาณทำงานที่เรียกว่า “pullstation” จะมีสีแดงมีทั้งลักษณะเป็นรูปตัวที (T) กระตุ้นการทำงานโดยดึงก้านตัวทีลงมาตรงๆหรืออีกแบบจะมีลักษณะเป็นตัวทีแต่จะมีกระจก้นต้องใช้ค้อนหรือโลหะทุบกระจกก่อนถึงจะสามารถดึงตัวทีได้
- ส่วนที่สองเป็นส่วนที่เป็นกระดิ่งหรือระฆังเตือนภัย จะมีสีแดงหรือสีน้ำเงิน ติดตั้งไว้บนกำแพงเหนือกล้อง pullstation โดยสามารถส่งเสียงและมีไฟกระพริบในขณะที่กระดิ่งดัง

22. ชุดอุปกรณ์ดับเพลิงในห้องปฏิบัติการมีอยู่สองแบบ คือชนิดติดตั้งถาวรได้แก่น้ำพุพ่นแบบอัตโนมัติและชนิดเคลื่อนย้ายได้ ประกอบด้วยชุดท่อประปาดับเพลิง (fire hose) และถังดับเพลิง ทั้งสองชนิดควรเก็บไว้ในตู้ที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนและไม่ควรล็อกตู้ สายท่อประปาต้องมีความยาวอย่างน้อย 100 ฟุตส่วนถังดับเพลิงมีอยู่หลายประเภทขึ้นอยู่กับต้นกำเนิดของเพลิงซึ่งควรจัดหาชนิดของถังดับเพลิงที่เหมาะสมกับงานที่ปฏิบัติ ประเภทของเพลิงสามารถแบ่งได้ ดังนี้ ตามตารางที่ 6.3

- ไฟประเภท A ได้แก่เพลิงที่เกิดขึ้นจากวัสดุติดไฟทั่วไปเช่นผ้ากระดาษและพลาสติก ไฟประเภทนี้ดับได้ด้วยการใช้น้ำฉีดเป็นฝอย
- ไฟประเภท B ได้แก่เพลิงที่เกิดจากของเหลวหรือแก๊สเช่นน้ำมันแก๊สจาระบีและสิ่งที่ใช้สำหรับล้างละลายทำความสะอาดดับได้ด้วยวิธีป้องกันไม่ให้อากาศเข้าไปรวมกับเชื้อเพลิงหรือลดอุณหภูมิของเชื้อเพลิงโดยใช้โฟมผงเคมีฮาโลนหรือคาร์บอนไดออกไซด์
- ไฟประเภท C ได้แก่เพลิงที่เกิดจากอุปกรณ์เครื่องมือไฟฟ้าการดับไฟต้องพยายามตัดวงจรไฟฟ้าเสียก่อนเพื่อลดอันตรายลงการดับไฟต้องใช้สารเคมีที่ไม่เป็นสื่อไฟฟ้าเช่นฮาโลนคาร์บอนไดออกไซด์หรือเคมีแห้ง
- ไฟประเภท D ได้แก่เพลิงที่เกิดจากวัสดุจำพวกโลหะติดไฟเช่นแมกนีเซียมโซเดียมโปตัสเซียม ลักษณะการลุกไหม้ให้ความร้อนสูงรุนแรงมากการดับเพลิงประเภทนี้ให้ใช้สารเคมีจำพวกเกลือแกงหรือทรายแห้ง

ตารางที่ 6.3 รายละเอียดของถังดับเพลิงแต่ละชนิดที่สามารถใช้ในห้องปฏิบัติการ

ถังดับเพลิง	รายละเอียด
ถังดับเพลิงชนิด BF2000 (HFC236-fa หรือชื่อการค้าของบริษัทดูปองท์ (dupont) คือ FE36)	น้ำยา BF2000 เป็นสารเหลวระเหย ที่มีค่าความสามารถในการทำลายชั้นโอโซน (Ozone Depletion Potencial, ODP) = 0 บรรจุถังดับเพลิงสีเขียว สำหรับเครื่องดับเพลิงชนิดหิ้ว น้ำยาดับเพลิงชนิดทดแทนนี้ ได้รับการยอมรับว่าไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สามารถใช้ได้กับไฟชนิด A B และ C , BF 2000 (FE 36) ไม่แสดงปฏิกิริยากับวัสดุก่อสร้างโดยทั่วไป เช่นอลูมิเนียมสตีล ทองแดงในระดับอุณหภูมิปกติ เหมาะสำหรับพื้นที่ที่เน้นความปลอดภัยเป็นพิเศษ เช่น อาคารสำนักงาน โรงพยาบาล ห้องแลป ห้องคอมพิวเตอร์ ห้องเซิร์ฟเวอร์ และสถานที่ที่มีเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีมูลค่าสูง เป็นต้น
ถังดับเพลิงชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	ถังดับเพลิงชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ บรรจุไว้ในถังสีแดง ที่ทนแรงดันสูงประมาณ 1800 PSI ที่ปลายสายฉีด จะมีลักษณะเป็นกระบอกหรือกรวย เวลาฉีดลักษณะน้ำยาที่ออกมา จะเป็นหมอกหิมะ ที่ไร้ความร้อน และออกซิเจน เหมาะสำหรับใช้ภายในอาคาร ไฟที่เกิดจากแก๊ส น้ำมันและไฟฟ้า ประสิทธิภาพในการดับไฟเป็นตัวลดอุณหภูมิความร้อนสกัดออกซิเจนถึงดับเพลิงชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เหมาะสำหรับดับไฟประเภท ไฟฟ้าแรงต่ำ (อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ) ของเหลวไวไฟ CLASS : B C สำหรับติดตั้งบริเวณ ห้องทดลอง ห้องปรุงอาหาร เวิร์คช็อป ฯลฯ

<p>ถังดับเพลิงชนิด Halotron® I (HCFC-123)</p>	<p>น้ำยาฮาโลตรอนเป็นน้ำยาเหลวระเหยที่มีค่า OPD = 0.02 บรรจุในถังดับเพลิงสีเขียว ไม่ทิ้งคราบสกปรกหลังการฉีด เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ได้รับอนุญาตให้ใช้เป็นสารทดแทนฮาโลอน 1211 เหมาะสำหรับดับเพลิงประเภท A, B, C เหมาะสำหรับติดตั้ง สถานที่ที่เน้นเรื่องความปลอดภัยเป็นพิเศษ เช่น อาคาร สำนักงาน โรงพยาบาล ห้องคอมพิวเตอร์ ห้องเซิร์ฟเวอร์ ห้องควบคุมไฟฟ้า ห้องแล็บ ห้องเก็บอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และไลน์การผลิตที่มีเครื่องจักรมูลค่าสูง ฯลฯ</p>
---	--

23. ทางหนีไฟ การกำหนดขนาดและจำนวนของประตูหนีไฟขึ้นกับสถานที่ตั้ง ขนาดของอาคาร และจำนวนผู้ปฏิบัติงาน ในแต่ละชั้นควรมีทางหนีไฟอย่างน้อยสองทางที่แยกกัน ทางหนีไฟควรมีระยะทางที่สั้นที่สุดที่สามารถนำออกไปสู่ภายนอกอาคารได้เร็วที่สุด และป้ายแสดงทางหนีไฟควรมีโคมไฟสว่างในตัวในเวลาที่ปกติตลอดเวลาที่มีคนใช้อาคารโดยป้ายที่ใช้ควรเป็นไปตามมาตรฐานเช่นสมอ. หากเป็นห้องปฏิบัติการที่ตั้งอยู่ในอาคารที่มีมากกว่า 2 ชั้น ประตูห้องปฏิบัติการต้องสามารถเปิดไปสู่โถงทางเดินกลางได้ และสามารถนำไปยังประตูหนีไฟได้ทันทีตามพื้นทางเดินและฝาผนังควรมีการแสดงสัญลักษณ์ลูกศรนำทางเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทราบว่าประตูหนีไฟอยู่ในทิศทางใด ประตูหนีไฟควรทำจากวัสดุทนไฟหรือเป็นโลหะที่ทนไฟได้ดีและควรปิดอยู่เสมอรวมทั้งแสดงสัญลักษณ์บริเวณประตูหนีไฟว่า “ทางออก” หรือ “exit” จัดให้มีป้ายบอกทางออกฉุกเฉินภายในห้องปฏิบัติการซึ่งเป็นป้ายที่ใช้แสดงทางออกฉุกเฉินหรือทางหนีภัย

บทที่ 7

ระบบบริหารจัดการความปลอดภัยและการรักษาความปลอดภัยห้องปฏิบัติการทางชีวภาพ (Laboratory Biosafety and Biosecurity Management)

ระบบบริหารจัดการความมั่นคงและความปลอดภัยห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพต้องประกอบด้วย 4 องค์ประกอบดังนี้

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

เมื่อกำหนดแล้วว่าความปลอดภัยเป็นเป้าหมายหลักของเรื่องนี้ องค์กรต้องมีนโยบายในการบริหารจัดการมาตรฐานความมั่นคงความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ มีหน่วยงานและผู้บริหารที่ได้รับมอบหมายใหม่ ภาระหน้าที่ในด้านนี้โดยเฉพาะ มีแผนงานหรือยุทธศาสตร์บริหารจัดการความปลอดภัยที่ตรงเป้าและชัดเจน ดำเนินการได้จริง มีการกำกับดูแลความปลอดภัยในทุกระดับ ให้เป็นไปได้ในทิศทางเดียวกันจนเกิดมรรคผลได้จริง ทั้งหมดนี้เป็นสิ่งที่สะท้อนถึงความมุ่งมั่นจริงจังขององค์กร ซึ่งสำคัญมากสำหรับการขับเคลื่อนระบบการบริหารระบบฯ คือการขับเคลื่อนทั้งระบบสู่ธงชัยคือความปลอดภัย ควรประกอบด้วยฝ่ายที่เกี่ยวข้อง 3 ระดับ มีภาระหน้าที่ที่ชัดเจนแต่สอดคล้องเป็นเนื้อเดียวกัน คือระดับอำนาจการ ระดับบริหารจัดการ และระดับปฏิบัติการ (อย่างไรก็ตาม องค์กรขนาดเล็กสามารถปรับลดโดยรวมภาระหน้าที่ของระดับอำนาจการเข้ากับระดับบริหารจัดการได้) แล้วกำหนดโครงสร้างการบริหารจัดการฯ

นโยบายความปลอดภัย

ผู้บริหารสูงสุดขององค์กร (top management) ต้องพิจารณา อนุมัติ ลงนาม และประกาศนโยบายความปลอดภัยและการรักษาความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพเพื่อแสดงให้เห็นถึงความมุ่งมั่นที่จะสนับสนุนการบริหารจัดการให้เกิดความปลอดภัยต่อบุคลากรผู้ปฏิบัติงาน หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ชุมชนและสิ่งแวดล้อม นโยบายความปลอดภัยต้องกล่าวถึง วัตถุประสงค์ แผนงานหรือยุทธศาสตร์ที่ตรงเป้าและชัดเจน ดำเนินการได้จริง และมีการกำกับดูแลความปลอดภัยในทุกระดับให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันจนบรรลุเป้าหมายทั้งนี้ต้องเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานมีส่วนร่วมในการกำหนดนโยบาย โดยนโยบายจะต้องระบุวัตถุประสงค์อย่างชัดเจนในหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ห้องปฏิบัติการมีการบริหารจัดการความเสี่ยงในการทำงานกับสารชีวภาพอันตรายที่มีประสิทธิภาพ สามารถปกป้องบุคลากร ผู้เกี่ยวข้อง ผู้มาใช้บริการ ชุมชนและสิ่งแวดล้อมจากสารชีวภาพอันตรายที่จัดเก็บหรือดำเนินการภายในห้องปฏิบัติการ
2. ลดความเสี่ยงอันตรายที่เกิดจากการหลุดรอดของสารชีวภาพอันตรายออกจากห้องปฏิบัติการโดยไม่ตั้งใจ หรือ ถูกกลักลอบขโมยออกจากห้องปฏิบัติการ
3. ปฏิบัติตามข้อกำหนดของกฎหมายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยและอาชีวอนามัย
4. มีการสื่อสารความเสี่ยงด้านชีวภาพให้กับบุคลากรทุกระดับอย่างมีประสิทธิภาพ
5. มีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการบริหารจัดการความปลอดภัยด้านชีวภาพอย่างต่อเนื่อง

แผนบริหารจัดการความมั่นคงและความปลอดภัย

ผู้บริหารสูงสุดขององค์กร (top management) ต้องดำเนินการให้มีการจัดทำแผนและอนุมัติแผนการพัฒนาระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยห้องปฏิบัติการขององค์กร อาจจัดทำเป็นแผนระยะยาว 3 หรือ 5 ปี แต่ต้องมีแผนปฏิบัติการประจำปีทุกปี

การจัดทำแผนพัฒนาระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยห้องปฏิบัติการขององค์กร เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ข้อกำหนดที่ประเทศไทยต้องดำเนินการตามกฎหมายระหว่างประเทศ (International health regulation) และกฎหมายอื่น
2. พัฒนาห้องปฏิบัติการสู่มาตรฐานสากล
3. นำนโยบายความปลอดภัยขององค์กรไปสู่การปฏิบัติที่บรรลุวัตถุประสงค์ของนโยบาย
4. ลดความเสี่ยงอันตรายกับการทำงานกับสารชีวภาพอันตราย
5. แก้ไขข้อบกพร่องที่ได้รับจากการถูกตรวจติดตามจากองค์กรภายนอก
6. พัฒนาองค์กรอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

แผนพัฒนาระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยห้องปฏิบัติการประจำปีจะต้องระบุ: กิจกรรม วัตถุประสงค์ ระยะเวลาดำเนินกิจกรรม ผู้รับผิดชอบ และงบประมาณดำเนินการ

นอกจากการจัดทำแผนพัฒนาระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยห้องปฏิบัติการขององค์กร ห้องปฏิบัติการและหน่วยงานสนับสนุนที่เกี่ยวข้องต้องจัดทำแผนปฏิบัติการประจำปีในส่วนที่เกี่ยวข้องของตนเอง เพื่อให้มั่นใจว่าแผนพัฒนาระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยห้องปฏิบัติการขององค์กรบรรลุวัตถุประสงค์และดำเนินการครบถ้วนตามแผน

การมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบ

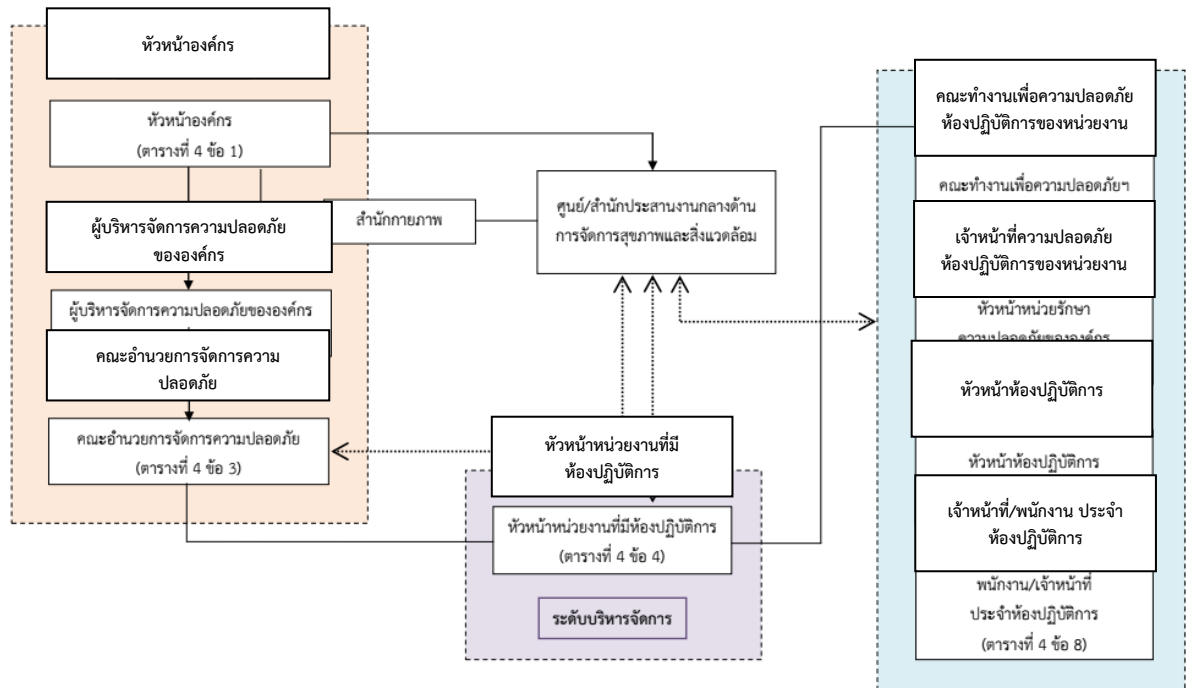
ผู้บริหารสูงสุดขององค์กร (top management) มอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบเกี่ยวกับความมั่นคงและความปลอดภัย ให้แก่เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง 3 ระดับ มีภาระหน้าที่ชัดเจนแต่สอดคล้องเป็นเนื้อ

เดียวกัน คือระดับอำนาจการ ระดับบริหารจัดการ และระดับปฏิบัติการ (อย่างไรก็ตาม องค์กรขนาดเล็กสามารถปรับลดโดยรวมภาระหน้าที่ของระดับอำนาจการเข้ากับระดับบริหารจัดการได้) แลวกำหนดโครงสร้างการบริหารจัดการฯ ตามตัวอย่างในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 การบริหารระบบการจัดการความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ แบ่งเป็น 3 ระดับ

ระดับ	ภาระหน้าที่
อำนาจการ	<ul style="list-style-type: none"> กำหนดนโยบาย แผนยุทธศาสตร์ โครงสร้างการบริหารจัดการความมั่นคงและความปลอดภัยขององค์กร/ หน่วยงาน แต่งตั้งผู้รับผิดชอบระดับบริหาร ภาระหน้าที่และขอบเขตการรับผิดชอบ การปฏิบัติให้เป็นไปตามแผน ใช้งบประมาณสนับสนุนการดำเนินการต่างๆ เพื่อความมั่นคงและความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการในองค์กร/หน่วยงาน สื่อสารความสำคัญของการมีระบบบริหารความปลอดภัยและปลอดภัยของห้องปฏิบัติการอย่างทั่วถึงภายในองค์กร/หน่วยงาน ทำให้เกิดความยั่งยืนของระบบความมั่นคงและความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ ภายในองค์กร/หน่วยงาน ทบทวนการรายงานผลการดำเนินงานตามนโยบายของผู้บริหาร
บริหารจัดการ	<ul style="list-style-type: none"> บริหารจัดการและกำกับดูแลการดำเนินการตามนโยบายและแผน แต่งตั้งผู้รับผิดชอบระดับหน่วยงาน ภาระหน้าที่และขอบเขตการรับผิดชอบทุกด้านเพื่อดูแลการปฏิบัติให้เป็นไปตามแผนฯ จัดสรรงบประมาณสำหรับดำเนินโครงการความมั่นคงและความปลอดภัย กำหนดขอปฏิบัติความมั่นคงและความปลอดภัยภายในองค์กร/หน่วยงาน แต่งตั้งคณะกรรมการรับผิดชอบทุกด้าน สร้างระบบการสร้างความตระหนัก ระบบติดตาม และระบบรายงานความมั่นคงและความปลอดภัย กำหนดหลักสูตรการสอน การอบรมที่เหมาะสมให้กับบุคลากรทุกระดับ
ปฏิบัติการ	<ul style="list-style-type: none"> ปฏิบัติตามภารกิจที่ได้รับมอบหมาย ปฏิบัติงานตามข้อกำหนดของการปฏิบัติที่ดี สำรวจ รวบรวม วิเคราะห์ ประเมินและจัดการความเสี่ยงในระดับบุคคล/โครงการ/ห้องปฏิบัติการอย่างสม่ำเสมอ เข้าร่วมกิจกรรมและรับการอบรมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับความมั่นคงและความปลอดภัยที่เหมาะสมของหน่วยงาน/ห้องปฏิบัติการ เช่น การจัดการความเสี่ยง การขอรับมือเหตุฉุกเฉิน ฯลฯ

<ul style="list-style-type: none"> • จัดทำระบบเอกสารที่ครอบคลุมทุกองค์ประกอบความมั่นคงและความปลอดภัยให้ทันสมัยอยู่เสมอ • จัดทำรายงานการดำเนินงาน การเกิดภัยอันตราย และความเสี่ยงที่พบเสนอต่อผู้บริหาร



รูปที่ 7 แนวคิดโครงสร้างการบริหารจัดการความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ

โดยบทบาทหน้าที่ของแต่ละผู้รับผิดชอบตามโครงสร้างการบริหารจัดการ (รูปที่ 7) ประกอบด้วย

1. หัวหน้าองค์กร (top management)
 - แต่งตั้งผู้รับผิดชอบการบริหารจัดการความมั่นคงและความปลอดภัยขององค์กร
 - กำหนดนโยบาย แผนยุทธศาสตร์ โครงสร้างการบริหารจัดการความมั่นคงและความปลอดภัยขององค์กร กำหนดผู้รับผิดชอบ และภาระหน้าที่
 - สร้างระบบสนับสนุนการดำเนินการต่างๆ เพื่อความมั่นคงและความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ
 - สื่อสารความสำคัญของการมีระบบบริหารความมั่นคงและความปลอดภัย และทำให้เกิดความยั่งยืนในองค์กร/หน่วยงาน
 - ทบทวนการรายงานผลการดำเนินงานตามนโยบาย

2. ผู้บริหารจัดการความปลอดภัยขององค์กร

- ส่งเสริมและสนับสนุนการดำเนินการตามแผนบริหารจัดการความมั่นคงและความปลอดภัยขององค์กร

- แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการความปลอดภัยในหองปฏิบัติการ

3. คณะกรรมการจัดการความปลอดภัยในหองปฏิบัติการ ประกอบด้วย หัวหน้าหน่วยงานที่มีหองปฏิบัติการ เช่น ผู้อำนวยการกอง/สถาบัน และเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยของแต่ละหน่วยงาน มีบทบาทหน้าที่กำหนดนโยบาย และกลยุทธ์ในการดำเนินการเพื่อความมั่นคงและความปลอดภัยของหองปฏิบัติการ ใน 6 ดาน ได้แก่

- ระบบการจัดการสารชีวภาพ และสารเคมี
- ระบบการจัดการของเสีย
- ลักษณะทางกายภาพของหองปฏิบัติการ อุปกรณ์และเครื่องมือ
- ระบบการป้องกันและแก้ไขภัยอันตราย
- ระบบการให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความปลอดภัยในหองปฏิบัติการ
- ระบบการจัดการข้อมูลและเอกสาร

- ส่งเสริมและสนับสนุนการดำเนินการของหองปฏิบัติการเพื่อให้เกิดความมั่นคงและความปลอดภัย

4. หัวหน้าหน่วยงานที่มีหองปฏิบัติการ

- กำหนดใหม่การจัดการความมั่นคงและความปลอดภัยของหองปฏิบัติการทั้งหมดของหน่วยงาน
- สนับสนุนและส่งเสริมให้หองปฏิบัติการบริหารจัดการความมั่นคงและความปลอดภัย โดยใช้กลยุทธ์ทั้ง 6 ดานในลักษณะบูรณาการระบบและกิจกรรม

- สนับสนุนและส่งเสริมให้หองปฏิบัติการใช้ระบบการจัดการข้อมูลสารชีวภาพ สารเคมีและของเสียอันตรายรวมกัน

- แต่งตั้งคณะทำงานดำเนินการเพื่อความปลอดภัยและความมั่นคงของหน่วยงาน

- ส่งเสริมสนับสนุนและติดตามการดำเนินการของคณะทำงานฯ

5. เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยของหน่วยงาน มีบทบาทหน้าที่

- บริหารจัดการให้เกิดกลุ่มปฏิบัติการติดตามการตอบเหตุฉุกเฉิน
- จัดระบบรายงานและพัฒนาระบบการตอบสนองต่อสถานการณ์ฉุกเฉิน
- ประสานการดำเนินงานรักษาความมั่นคงและความปลอดภัยระหว่างหน่วยงานในองค์กร

6. คณะทำงานเพื่อความปลอดภัยฯ

- บริหารจัดการให้เกิดกลุ่มดำเนินการจัดระบบและกิจกรรม เพื่อความมั่นคงและความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการทั้ง 6 ดาน ตามนโยบายและเป้าประสงค์ คณะกรรมการอำนวยการฯ กำหนดไว้
- ส่งเสริมและสนับสนุนให้ห้องปฏิบัติการในระบบและรวมกิจกรรมของทั้ง 6 กลุ่ม ด้วยการถ่ายทอดความรู้และฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการและผู้เกี่ยวข้อง

7. หัวหน้าห้องปฏิบัติการ

- ป้องกันและลดความเสี่ยงของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการด้วยระบบการจัดการสารชีวภาพ สารเคมี และของเสียอันตราย การติดตามตรวจสอบและดูแล บำรุงรักษาลักษณะทางกายภาพให้อยู่ในสภาพปลอดภัย จัดหาและบำรุงรักษาเครื่องป้องกันภัยส่วนบุคคลไว้พร้อมสำหรับการปฏิบัติการณ์ที่มีความเสี่ยงสูง
- กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบใหญ่เกี่ยวข้องของการดำเนินการตามกลยุทธ์ทั้ง 6 ดาน
- กำหนดมาตรการและกำกับดูแลให้มีการปฏิบัติตามระเบียบข้อบังคับของห้องปฏิบัติการ เพื่อความมั่นคงและความปลอดภัย
- สื่อสารและแจ้งเตือนข้อมูลปัจจัยและความเสี่ยงต่างๆ ของห้องปฏิบัติการใหญ่เกี่ยวข้องของทราบ
- อบรมให้ความรู้เกี่ยวกับความมั่นคงและความปลอดภัย ใหญ่เกี่ยวข้องของกับห้องปฏิบัติการ

8. เจ้าหน้าที่/พนักงานประจำห้องปฏิบัติการ

- ปฏิบัติตามกฎระเบียบข้อบังคับและมาตรการความมั่นคงและความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ
- รับทราบข้อมูลปัจจัยและความเสี่ยงต่างๆ ของห้องปฏิบัติการ
- เขารับการอบรมความรู้เกี่ยวกับความมั่นคงและความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการตามที่กำหนด
- รายงานภัยอันตรายที่เกิดขึ้นในการทำงานในห้องปฏิบัติการ
- แจ้งให้ผู้รับผิดชอบทราบถึงปัจจัยหรือความเสี่ยงที่พบ

การฝึกอบรม

บุคลากรทุกคนของหน่วยงานต้องได้รับการฝึกอบรมเรื่องความมั่นคงและความปลอดภัยในการปฏิบัติงานที่เหมาะสมกับหน้าที่ความรับผิดชอบ ก่อนอนุญาตให้เริ่มปฏิบัติงานจริงและต้องได้รับการฝึกอบรมซ้ำทุกปี เพื่อสร้างจิตสำนึกในเรื่องความมั่นคงและความปลอดภัยให้แก่ผู้ปฏิบัติงานและเพื่อให้มั่นใจว่าจะทำงานได้อย่างถูกต้อง

หัวหน้าห้องปฏิบัติการ หัวหน้าหน่วยงานสนับสนุน และเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ ร่วมกันพิจารณาและจัดทำแผนการฝึกอบรมโดยพิจารณา ดังนี้

1. ประเมินความต้องการเรื่องที่ต้องอบรม โดยกำหนดและจำแนกภาระงานที่เกี่ยวข้อง จัดลำดับความสำคัญของงาน และรายละเอียดของขั้นตอนที่จำเป็นหรือต้องระวังเป็นพิเศษ

2. การกำหนดวัตถุประสงค์การฝึกอบรม วัตถุประสงค์อาจตอบรับสภาวะการณ์ภายใต้กิจกรรมที่ระดับปฏิบัติและระดับความชำนาญที่ต้องการ

3. การกำหนดเนื้อหาและสื่อการฝึกอบรม ให้เหมาะสมกับลักษณะงานหรือประเภทของกลุ่มผู้รับการอบรม ตัวอย่างหัวข้อการอบรมความปลอดภัยเช่น

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

4. การประเมินผลการฝึกอบรมต้องมีการประเมินความเข้าใจของบุคลากรและประเมินผลการฝึกอบรมเพื่อช่วยในการตัดสินใจว่าการฝึกอบรมบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่การประเมินผลการฝึกอบรมสามารถทำได้ 4 รูปแบบคือ

- วัดการตอบสนองของผู้เข้ารับการฝึกอบรมต่อการสอน
- การวัดความจำและ/หรือการปฏิบัติงานของผู้เข้ารับการฝึกอบรม
- การประเมินการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการทำงาน
- การวัดผลที่เป็นรูปธรรมในแง่ของวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายขององค์กรต้องจัดทำบันทึกและเก็บข้อมูลประวัติผลการฝึกอบรมไว้เพื่อยืนยันและแสดงให้เห็นถึงระดับของความสามารถของบุคลากร

5. การทบทวนการฝึกอบรม เพื่อปรับปรุงเนื้อหาและวิธีการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นหรือการใช้เทคนิคการสอนอื่นหรือการเลือกผู้สอนที่มีความสามารถมากขึ้น

ทั้งนี้เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ และเจ้าหน้าที่เก็บตัวอย่าง รับตัวอย่าง และขนส่งตัวอย่างผู้ป่วยโรคอันตรายร้ายแรง ต้องได้รับการอบรมความปลอดภัยในการทำงานเชื้อโรคอันตรายร้ายแรง และต้องมีการประเมินความรู้ ความสามารถในการเรื่องความปลอดภัยในการทำงานก่อนปฏิบัติงานจริง หากไม่ผ่านการประเมินต้องได้รับการอบรมซ้ำ

เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยห้องปฏิบัติการและหัวหน้าห้องปฏิบัติการ ต้องได้รับการอบรมเรื่องความปลอดภัยอย่างต่อเนื่อง อย่างน้อยปีละครั้ง โดยเฉพาะเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยห้องปฏิบัติการต้องได้รับการอบรมตามกรอบเนื้อหาสาระที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กำหนด ภายใต้กฎหมายว่าด้วยเชื้อโรคและพิษจากสัตว์

บทที่ 8

เครื่องมือที่มีผลต่อความปลอดภัยทางชีวภาพ (Safety Equipment)

เครื่องมือถือเป็นส่วนหนึ่งของการควบคุมด้านวิศวกรรมวัตถุประสงค์เพื่อจำกัดการสัมผัสกับจุลชีพก่อโรคในห้องปฏิบัติการไม่ให้หลุดรอดและเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน 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)
- ในคู่มือนี้ขอกว่าเฉพาะตู้ดูดควัน ตู้ชีวนิรภัย และเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง

ตู้ดูดควัน

เป็นอุปกรณ์ควบคุมการไหลของอากาศที่ออกแบบมาสำหรับใช้งานกับสารเคมีอันตราย สารเคมีไอระเหย หรือสารเคมีไวไฟ เพื่อปกป้องผู้ใช้งาน ตู้ดูดควัน มี 2 ชนิดคือ

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

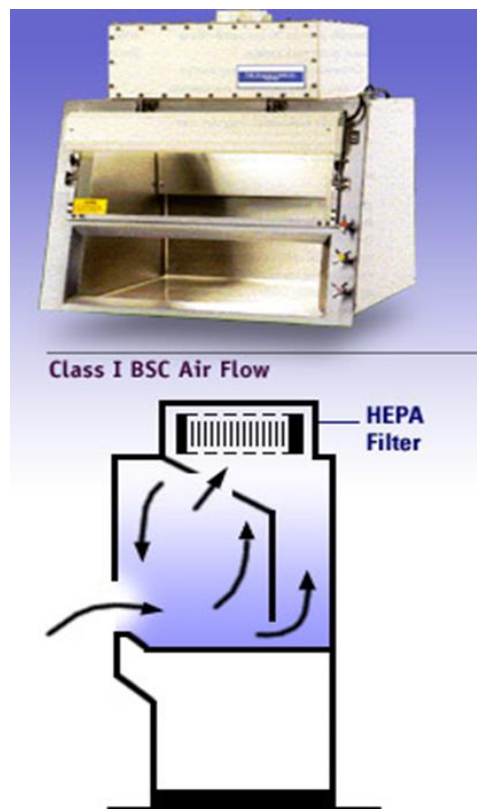
ตู้ชีวนิรภัย

เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมการไหลของอากาศที่อาศัยหลักการทำงานของมอเตอร์พัดลมและแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (high efficiency particulate Air; HEPA) ซึ่งมอเตอร์พัดลมจะเป็นตัวดูดและควบคุมแรงดันลมภายในตู้ให้อยู่ในสถานะที่เหมาะสมส่วนแผ่นกรอง HEPA จะช่วยกรองไม่ให้เชื้อจุลชีพจากการ

ปฏิบัติงานภายในตู้หลุดออกสู่ภายนอกซึ่งเป็นการป้องกันอันตรายให้กับตัวผู้ปฏิบัติงานผู้ร่วมงาน และ สิ่งแวดล้อมแผ่นกรองอากาศมีปะช้อนกันและบรรจุไว้ในกรอบแข็งมีคุณสมบัติในการกรองอนุภาคแผ่นกรอง โดยทั่วไปเช่น แผ่นกรองอากาศสำหรับ clean room จะมีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอนได้ 99.97 %แต่สำหรับแผ่นกรองอากาศที่ใช้กับตู้ชีววิทยจะต้องมีคุณสมบัติในการกรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอนได้ถึง 99.99 %

ตู้ชีววิทย มี 3 ประเภทโดยแบ่งตามระดับของการใช้งาน ได้แก่ระดับที่ 1, 2 และ 3 (class I, II, III) ซึ่งรายละเอียดในแต่ละระดับ สรุปได้ดังนี้

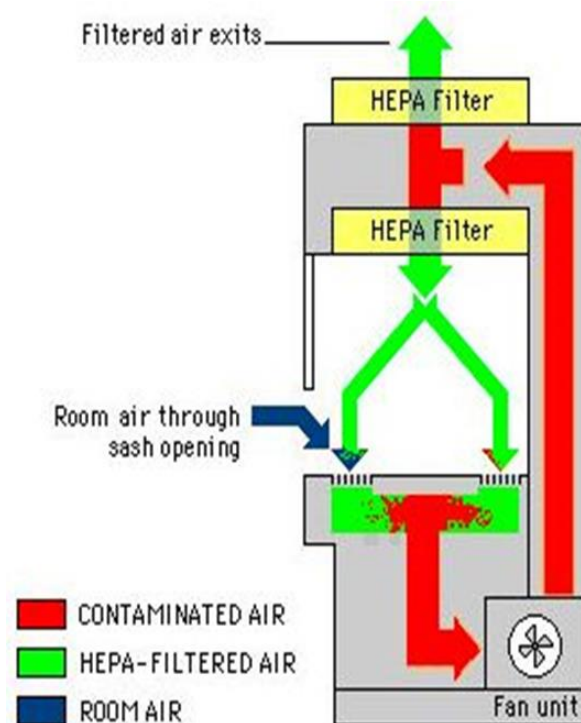
1. **ตู้ชีววิทยระดับ 1** (รูปที่ 8.1) ตู้ชนิดนี้อากาศจากภายนอกตู้จะไหลผ่านจากด้านหน้าตู้ เข้ามา ภายในตู้ก่อนระบายออกสู่ด้านนอก ผ่าน HEPA filter ก่อนปล่อยออก ทำให้ไม่สามารถปกป้องชิ้นงานและ ป้องกันการเกิด cross contamination ได้ แต่สามารถปกป้องผู้ใช้งานและปกป้องสิ่งแวดล้อม สามารถใช้ ปฏิบัติงานกับจุลชีพในห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 1-3 ที่มีลักษณะงานไม่ต้องการการปกป้องชิ้นงานจาก การปนเปื้อน และไม่ใช้กับสารเคมี ความเร็วอากาศผ่านเข้าตู้ อย่างน้อย 75 ฟุตต่อนาที (0.38 เมตรต่อวินาที)



รูปที่ 8.1 ตู้ชีววิทยาระดับ 1 (Class I)

ที่มา <http://ehs.uky.edu/>

2. ตู้ชีวนิรภัยระดับ 2 (รูปที่ 8.2) เป็นตู้ชีวนิรภัยชนิดที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์มากที่สุดเนื่องจากสามารถปกป้องผู้ใช้งานชิ้นงาน และสิ่งแวดล้อม โดยอากาศที่ไหลเข้าด้านหน้าตู้ (inward airflow) จะถูกดูดลงตรงตะแกรงด้านหน้า ซึ่งเป็นการสร้างม่านอากาศเพื่อป้องกันไม่ให้จุลชีพภายในตู้แพร่กระจายออกไปสู่ผู้ใช้งาน ส่วนการปกป้องชิ้นงานนั้น อากาศที่ไหลลงสู่พื้นที่ปฏิบัติงาน (downward airflow) เป็นอากาศสะอาดที่ถูกกรองด้วยแผ่นกรอง HEPA และไหลแยกเป็นสองกระแสทางตะแกรงด้านหน้าและด้านหลังเพื่อป้องกันชิ้นงานจากการปนเปื้อนและป้องกันการเกิด cross contamination ระหว่างชิ้นงาน ในด้านการปกป้องสิ่งแวดล้อม อากาศที่ปนเปื้อนจากพื้นที่ปฏิบัติงานจะถูกกรองด้วยแผ่นกรอง HEPA ก่อนถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ตู้ชนิดนี้สามารถใช้ปฏิบัติงานกับจุลชีพในห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 1-3 และ ใช้ในห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 4 อย่างมีเงื่อนไข



รูปที่ 8.2 ตู้ชีวนิรภัยระดับ 2 (Class II)

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

ตู้ชีวนิรภัยระดับ 2 สามารถแบ่งออกได้ 5 ชนิด คือ Class II Type A1, Class II Type A2, Class II Type B1, Class II Type B2 และ Class II Type C1

2.1 ตู้ชีวนิรภัย Class II Type A1 มีความเร็วลมผ่านเข้าหน้าตู้อย่างน้อย 75 ฟุตต่อนาที (0.38 เมตรต่อวินาที) ระบายอากาศออก 30% หมุนเวียนอากาศภายในตู้ 70% BSC Class II Type A1 ที่ผลิตหลังปีพ.ศ. 2551 จะมีการเพิ่มช่องความดันอากาศลบล้อมรอบทางเดินอากาศรวมที่ปนเปื้อน เพื่อป้องกัน

การรั่วไหลของจุลชีพหากมีรอยรั่วที่ตู้ชีวนิรภัย ไม่ควรใช้ตู้ชนิดนี้กับงานด้านจุลชีพที่มีการใช้สารเคมีอันตราย สารเคมีไอระเหย หรือสารกัมมันตรังสีร่วมด้วย

2.2 ตู้ชีวนิรภัย Class II Type A2 มีความเร็วลมผ่านเข้าหน้าตู้เพิ่มขึ้นจาก Type A1 เป็นอย่างน้อย 100 ฟุตต่อนาที (0.51 เมตรต่อวินาที) ระบายอากาศออก 30% หมุนเวียนอากาศภายในตู้ 70% BSC Class II Type A2 ต้องมีช่องความดันอากาศล้นรอบทางเดินอากาศรวมที่ปนเปื้อนเพื่อป้องกันการกระจายของจุลชีพหากตู้รั่ว ตู้ชนิดนี้สามารถต่อกับระบบระบายอากาศผ่านชุดฝาครอบดูดควัน (canopy) ได้ จึงสามารถใช้กับงานด้านจุลชีพที่มีการใช้สารเคมีไอระเหย สารเคมีอันตราย สารเคมีไวไฟหรือสารกัมมันตรังสีร่วมด้วย โดยต้องผ่านการประเมินความเสี่ยงของงานและสารเคมีก่อน และต้องในปริมาณน้อยเท่านั้น และตู้จะต้องต่อกับระบบระบายอากาศของอาคารเพื่อระบายไอระเหยสารเคมีออกไปนอกตัวอาคาร การเชื่อมต่อต้องใช้ชุดฝาครอบดูดควันเท่านั้น ห้ามเชื่อมต่อแบบปิดเด็ดขาด โดยชุดฝาครอบดูดควันจะมีช่องเปิดเพื่อดูดเอาอากาศภายในห้องเข้าไปในท่อระบายอากาศซึ่งทำหน้าที่เป็นเหมือนกลไกในการป้องกันไม่ให้ไอระเหยสารเคมีหลุดออกไปในห้องปฏิบัติการและมีกลไกป้องกันในกรณีที่ระบบระบายอากาศของอาคารไม่ทำงานเพื่อให้ตู้ชีวนิรภัยยังสามารถป้องกันการรั่วไหลของจุลชีพได้

สำหรับตู้ชีวนิรภัย Class II Type B มีความเร็วลมผ่านเข้าหน้าตู้อย่างน้อย 100 ฟุตต่อนาที (0.51 เมตรต่อวินาที) พัดลมภายในตู้ชีวนิรภัยทำหน้าที่ในการดูดอากาศเข้ามาในตู้หรือหมุนเวียนอากาศในตู้ แต่ไม่มีหน้าที่ในการระบายอากาศออกจากตู้ การระบายอากาศออกจากตัวตู้ต้องอาศัยพัดลมอีกตัวได้แก่พัดลมระบายอากาศของอาคาร ทำให้ตู้ชีวนิรภัยชนิดนี้จำเป็นต้องต่อกับระบบระบายอากาศของอาคาร และเป็นการเชื่อมต่อแบบปิดเท่านั้น ต้องมีระบบ 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% อากาศที่นำกลับมาไหลเวียนภายในตู้และอากาศที่ระบายออกจากตู้จะถูกกรองด้วยแผ่นกรอง HEPA ก่อน สามารถใช้กับงานด้านจุลชีพที่ต้องมีการใช้สารเคมีที่มีไอระเหย สารเคมีอันตราย สารเคมีไวไฟ หรือสารกัมมันตรังสีร่วมด้วยได้แต่ควรใช้เพียงปริมาณน้อยถ้าหากมีการใช้งานด้านสารเคมีหรือสารกัมมันตรังสีในปริมาณมากควรใช้ตู้ชีวนิรภัยชนิด Class II Type B2

2.4 ตู้ชีวนิรภัย Class II Type B2 เป็นตู้ชีวนิรภัยที่ไม่มีการหมุนเวียนอากาศกลับมาใช้ภายในตู้ อากาศที่ไหลเข้าตู้จะถูกระบายออก 100% และอาศัยพัดลมระบายอากาศของอาคารในการระบายอากาศออกจากตู้ จึงต้องต่อกับระบบระบายอากาศและเป็นการเชื่อมต่อแบบปิดเท่านั้น ตู้ชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้กับงานด้านจุลชีพที่มีการใช้สารเคมีหรือสารกัมมันตรังสีร่วมด้วยในปริมาณมากหรือมีการใช้สารเคมีกับงานจุลชีพบ่อย

2.5 ตู้ชีวอนามัย Class II Type C1 เป็นตู้ชีวอนามัยที่มีมีความเร็วลมผ่านเข้าหน้าตู้อย่างน้อย 100 ฟุตต่ออนาที (0.51 เมตรต่อวินาที) มีการนำอากาศมาไหลเวียนภายในตู้ 40% และระบายอากาศออก 60% อากาศที่นำกลับมาไหลเวียนภายในตู้ สามารถใช้กับงานด้านจุลชีพโดยให้อากาศที่ระบายจากตัวตู้หมุนเวียนกลับมาในห้องปฏิบัติการโดยไม่ต้องต่อท่อระบายอากาศออกนอกอาคาร ยกเว้นกรณีที่มีการใช้สารเคมีที่มีไอระเหย สารเคมีอันตราย สารเคมีไวไฟ หรือสารกัมมันตรังสีร่วมด้วย จะต้องต่อท่อระบายอากาศเชื่อมกับระบบระบายอากาศของอาคารออกสู่นอกอาคาร ข้อแตกต่างของตู้ชีวอนามัย Class II Type C1 กับตู้ชีวอนามัย Class II Type B1 คือ ตู้ชีวอนามัย Class II Type C1 จะมีพัดลมภายในตัวเครื่องเพิ่มอีก 1 ตัว ทำหน้าที่ผลักอากาศออกสู่ภายนอกผ่านแผ่นกรอง HEPA ในตำแหน่งเดียวกับตู้ชีวอนามัย Class II Type A2 ทำให้มีการระบายอากาศออกนอกตู้ได้มากขึ้น และถูกออกแบบมาเพื่อแก้ไขในข้อจำกัดการใช้งานของตู้ชีวอนามัย Class II Type B2

3. ตู้ชีวอนามัยระดับ 3 เป็นตู้ชีวอนามัยที่เป็นระบบปิด (gas-tight) มีวัสดุแข็งแรงกันระหว่างผู้ใช้งานกับพื้นที่ปฏิบัติงานภายในตู้ เช่น กระจกนิรภัย หรือแผ่นอะคริลิก ผู้ใช้งานต้องปฏิบัติงานกับชิ้นงานในตัวตู้ผ่านถุงมือยางที่ติดอยู่กับตัวตู้ด้านหน้าหรือกระจก สามารถติดตั้งในห้องปฏิบัติการชีวอนามัยได้ทุกระดับ

การปฏิบัติงานกับตู้ชีวอนามัย เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเพราะหากปฏิบัติงานอย่างไม่ถูกต้อง นอกจากจะทำให้ชิ้นงานปนเปื้อน อาจทำให้เชื้อจุลชีพรั่วไหลออกมาภายนอก ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานผู้ร่วมงานและสิ่งแวดล้อม เราสามารถแบ่งระยะในการปฏิบัติงานกับตู้ชีวอนามัยได้เป็น 3 ระยะ คือ ก่อนการใช้งาน ขณะใช้งาน และหลังการใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก่อนการใช้งาน

1. พิจารณาเนื้อหาของตนเองว่าต้องใช้งานตู้ประเภทใด
2. ตรวจสอบว่าตู้ได้รับการตรวจรับรอง และอยู่ในช่วงของการรับรอง
3. ประเมินความเสี่ยงของงาน
4. ทราบวิธีการจัดการกรณีเกิดอุบัติเหตุ (spill decontamination)
5. ล้างมือให้สะอาด สวมใส่ PPE ที่เหมาะสมขณะปฏิบัติงาน
6. ตรวจสอบ drain valve ให้อยู่ในตำแหน่งปิด
7. เปิดเครื่องนาน 3-5 นาที ก่อนเริ่มทำงานเพื่อให้เกิดการหมุนเวียนของม่านอากาศภายในตู้
8. ทำความสะอาดพื้นผิวโต๊ะบริเวณใช้งาน ผึ่งตู้ภายในด้านข้าง และด้านหลังด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 70% alcohol
9. เช็ดพื้นผิวอุปกรณ์ทุกชิ้นด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 70% Alcohol ก่อนนำเข้าตู้ และวางอุปกรณ์ สิ่งของต่างๆ ทุกชิ้นที่ต้องการใช้งานเข้าภายในตู้

10. วางอุปกรณ์จากบริเวณสะอาด (steriled test tube, Tip, Plate ฯลฯ) ไปยังบริเวณที่สกปรก (เชื้อ ภาชนะทิ้งไปเปต ถังแดงทิ้งขยะติดเชื้อ)

11. การเปิดตู้ใช้งาน

- เปิดกระจกสูงตามที่กำหนด ตามมาตรฐาน NSF/ANSI กำหนดความสูงของกระจกจากพื้นตู้ไว้ที่ 8 นิ้ว หรือ 20 เซนติเมตร

- เปิดพัดลม ไว้ก่อนอย่างน้อย 5 นาที

- ตรวจสอบสัญญาณเตือนต่างๆ

- ตรวจสอบทิศทางการไหลของอากาศ

- ตรวจสอบอุปกรณ์วัดความดันความดันทั้ง 2 จุด ที่แตกต่างกัน (magnehelic gauge)

- จัดเตรียมงานและอุปกรณ์ที่จำเป็นแบ่งพื้นที่ทำงานออกเป็นสามส่วน คือ ส่วนของสะอาด ส่วนทำงาน และ ส่วนของปนเปื้อน/ขยะ

- ไม่วางสิ่งของขวางช่องลมด้านหน้าตู้ (Front grille) และภายในตู้ด้านหลัง (rear grille)

- อุปกรณ์ขนาดใหญ่ให้วางค่อนไปทางด้านหลังตู้

- ควรมีตารางจองการใช้งานเครื่องและป้ายเตือนว่ากำลังใช้เครื่องแขวนไว้หน้าห้อง

ขณะใช้งาน

1. ก่อนเริ่มงาน ให้หยุดการเคลื่อนไหว/แขนภายในตู้ไว้ประมาณ 1 นาที เพื่อให้อากาศที่ไหลเวียนในตู้ เป็นมาอากาศก่อนหรือลดการไหลเวียนของอากาศที่ไม่มีทิศทาง

2. จัดพื้นที่ทำงานให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางตู้หรือ ประมาณ 4 นิ้วจาก front grille

3. ลดการเคลื่อนไหวที่มือ หรือให้เคลื่อนไหวอย่างช้าๆ เพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวนการไหลของอากาศในตู้ (cabinet airflow)

4. เมื่อจะเคลื่อนไหวออกมานอกตู้ ควรฆ่าเชื้อทำความสะอาดพื้นผิวถุงมือด้านนอกที่สวมอยู่ก่อนและให้เคลื่อนไหวช้าๆ โดยให้แขนตั้งฉากกับด้านหน้าตู้

5. ลดการรบกวน airflow ของตู้จากด้านนอก เช่นการเปิดพัดลมข้างตู้

6. จัดวางสิ่งของที่จะใช้งาน ให้แยกส่วนที่ฆ่าเชื้อ (clean) ออกจากส่วนที่ติดเชื้อ (dirty) เช่นเครื่องมือ อุปกรณ์ที่ฆ่าเชื้อแล้วเช่น pipette, test tube, flask, media และ pipetter จัดวางไว้ทางขวา ส่วนที่ติดเชื้อ เช่น เซลล์เพาะเลี้ยง seed virus ภาชนะทิ้ง pipette และถังแดงทิ้งขยะติดเชื้อ อยู่ทางซ้าย เป็นต้น

7. ควรวางถังแดงทิ้งขยะติดเชื้อ หรือภาชนะทิ้งไปเปตไว้ด้านไกลสุด ภายในตู้

8. ไม่ควรใช้ตะเกียงแก๊สในตู้เพราะเปลวไฟจะไปรบกวน supply airflow

9. เมื่อจะเปิด plate/dish ให้ถือฝา plate บังไว้เหนือ plate หรือเอียง tube/flask ไม่ให้ปากขวด ตั้งฉากกับพื้นที่ทำงาน เป็นเทคนิคที่สามารถป้องกันความเสี่ยงที่เกิดจากการปนเปื้อนเชื้อในอากาศที่ไหลจากด้านบน (downward air) ลงมาปะทะ

10. เมื่อต้องใช้เครื่องมือที่จะรบกวน airflow เช่น centrifuge, blender ควรวางในตำแหน่งที่ค่อนข้างต่ำใน 1/3 ของตู้

11. ห้ามวางสิ่งของเช่น สมุดโน้ต หรือ blue pad ทับบริเวณตะแกรงด้านหน้า

12. หากเกิดสัญญาณหรือความผิดปกติกับตู้ ให้ปิดภาชนะทุกอย่างในตู้และแจ้งผู้เกี่ยวข้องห้ามปิดการทำงานของตู้โดยเด็ดขาด

หลังการใช้งาน

1. ปิดฝาภาชนะทุกชนิด

2. เช็ดทำความสะอาดถุงมือที่สวมใส่อยู่ด้วย 70% alcohol

3. เช็ดพื้นผิวอุปกรณ์ฯ ทุกชิ้นด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 70% alcohol ก่อนนำออกจากตู้

4. ถอดถุงมือทิ้งในถุงแดง (อยู่ภายในตู้)

5. สวมถุงมือใหม่ และปิดปากถุงขยะติดเชื้อ/ปิดฝาภาชนะทิ้งไปเปต นำออกนอกตู้

6. ทำความสะอาดพื้นผิวโต๊ะบริเวณใช้งาน ผึ่งตู้ภายในด้านข้างและด้านในด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ

70% Alcohol

7. ปล่อยให้เครื่องทำงานต่อไป 3-5 นาที จึงปิดเครื่อง

8. ปิดกระจกหน้าต่างตู้ (sash) ลงมาให้สนิท

9. ไม่ใช่ตู้ชีวอนามัยเป็นที่เก็บเครื่องมือ/อุปกรณ์

10. นำถุงขยะติดเชื้อ (ถุงแดง) ไป autoclave นำอุปกรณ์ เครื่องแก้ว และอาหารเลี้ยงเชื้อที่ปนเปื้อนเชื้อไปทำลายเชื้อเบื้องต้นด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ 0.5% sodium hypochlorite เช่น haiter หรือ clorox ก่อนที่จะนำไป autoclave ต่อไป

11. ถอดถุงมือ ทิ้งในถังขยะติดเชื้อนอกตู้

12. ล้างมือให้สะอาดที่อ่างล้างมือ

13. ชยะชีวภาพหลังจากได้รับการฆ่าเชื้ออย่างถูกต้องตามวิธีปฏิบัติของหน่วยงาน และนำไปเก็บรอนนำไปทำลายในสถานที่ที่หน่วยงานกำหนด

สำหรับการฆ่าเชื้อด้วยหลอด UV นั้น ไม่สามารถนำมาใช้แทนการทำความสะอาดพื้นผิวการทำงานได้ หากต้องการใช้งานหลอด UV ต้องมีการทำความสะอาดหลอดและตรวจวัดความเข้มแสงเป็นประจำทุกสัปดาห์ โดยความเข้มแสง UV ต้องไม่น้อยกว่า 40 ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร และเนื่องจากแสง UV อาจ

ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ได้ หากไม่ระมัดระวังจึงควรปิดพัดลมและปิดกระจกนิรภัยก่อนใช้งานหลอดยูวี รวมทั้งควรเปิดใช้งานเมื่อไม่มีผู้อื่นอยู่ในห้อง

การตรวจรับรองตู้ชีวนิรภัย เป็นการดำเนินการทดสอบทางกายภาพ (physical testing) ของตู้ชีวนิรภัยซึ่งทำภายใต้ข้อกำหนดมาตรฐานการผลิตตู้ นั้น 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 ต้องประกอบไปด้วยหัวข้อสำคัญดังต่อไปนี้

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 โดยเฉพาะตู้ชีวนิรภัย Class II A1 หลังการเปลี่ยน HEPA หรือการซ่อมแซมขนาดใหญ่ (cabinet integrity)

สำหรับพารามิเตอร์อื่นอาจดำเนินการเพิ่มเติมได้แต่ไม่มีผลต่อการทำงานของตู้อย่างปลอดภัยซึ่งประกอบด้วย การตรวจไฟรั่ว ความเข้มแสง ความสิ้นสะท้อนหรือความดัง

อย่างไรก็ตาม คู่มือการใช้งานของตู้ชีวนิรภัยที่ใช้งานเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นสำหรับการดำเนินการทดสอบของช่างหรือผู้ทำการตรวจสอบและใช้ประกอบการตัดสินใจว่าตู้ชีวนิรภัยที่ผ่านการตรวจรับรองนั้นสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัยหรือไม่ นอกเหนือไปจากคุณสมบัติของช่างหรือผู้มาทำการทดสอบและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

การเชื่อมต่อตู้ชีวนิรภัยเข้ากับระบบระบายอากาศของอาคารมี 2 วิธี

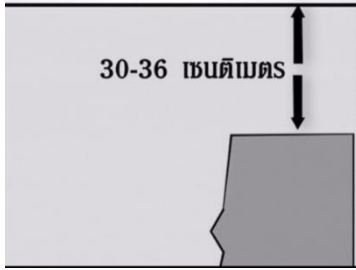
1. การต่อผ่านชุดฝาครอบดูดควัน (canopy connection) เป็นอุปกรณ์สำหรับเชื่อมต่อตู้ชีวนิรภัย Class II Type A2 เข้ากับระบบระบายอากาศของอาคาร เพื่อใช้ดูดไอระเหยสารเคมีที่ใช้ภายในตู้ชีวนิรภัยออกไปเจือจางด้วยอากาศนอกรอาคาร ชุดฝาครอบดูดควันมีลักษณะพิเศษคือ มีช่องเปิดสำหรับให้อากาศจากภายนอกเข้าไปรวมกับอากาศที่ระบายออกจากตู้ชีวนิรภัย สร้างเป็นม่านอากาศกันไม่ให้ไอระเหยสารเคมีเล็ดรอดออกสู่อากาศภายในห้องปฏิบัติการ ชุดฝาครอบดูดควันจะมีกลไกที่ช่องเปิด สำหรับป้องกันการไหลย้อนกลับของอากาศ เมื่อระบบระบายอากาศเกิดขัดข้อง เช่นเมื่อพัดลมดูดอากาศไม่ทำงาน อากาศที่ระบายออกจากตู้ จะไม่ถูกดูดออกทางท่อระบายอากาศ และไหลย้อนกลับลงมาทางตัวตู้ กลไกที่ช่องเปิดจะปล่อยอากาศที่ไหลย้อนนี้ออกมาสู่ห้องปฏิบัติการ เป็นการป้องกันไม่ให้อากาศไหลย้อนทิศลงมาในตู้และออกมาทางช่องเปิดด้านหน้าตู้ แม้ว่าไอระเหยสารเคมีอาจกระจายสู่อากาศในห้องปฏิบัติการ แต่อันตรายจากการเกิดจุลชีพฟุ้งกระจายยังถูกกักกันให้อยู่ภายในตู้ชีวนิรภัย

2. การต่อกับระบบระบายอากาศแบบปิด (hard duct) เป็นการเชื่อมต่อตู้ชีวนิรภัย Class II Type B เข้ากับระบบระบายอากาศของอาคาร อากาศที่ระบายออกจากตู้ชีวนิรภัยจะถูกดูดออกไปเจือจางนอกรอาคาร โดยพัดลมดูดอากาศที่อยู่ในระบบระบายอากาศของอาคาร ดังนั้นหากพัดลมระบายอากาศไม่ทำงาน อากาศที่ระบายออกจากตู้จะไหลย้อนกลับเข้าไปทางตัวตู้ และหากตู้ชีวนิรภัยไม่มีกลไกตัดระบบพัดลมภายในตู้ ก็จะทำให้เกิดการเป่าอากาศที่ปนเปื้อนจุลชีพภายในตู้ชีวนิรภัยออกมาทางช่องเปิดด้านหน้าตู้ แพร่กระจายสู่ผู้ใช้งานและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการเลือกซื้อตู้ชีวนิรภัย Class II Type B ที่ต้องต่อแบบปิดกับระบบระบายอากาศ ผู้ซื้อต้องมั่นใจว่าระบบระบายอากาศของอาคารมีความพร้อมรองรับตู้ชีวนิรภัย และในการตรวจรับรองตู้ จะต้องมีการตรวจสอบระบบการตัดพัดลมภายในตู้ และระบบการเตือนภัยเมื่อแรงลมในท่อระบายอากาศลดลงเกินกำหนด

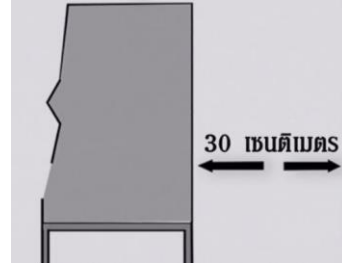
สถานที่ติดตั้งตู้ชีวนิรภัย

ข้อควรคำนึงถึงเกี่ยวกับสถานที่ติดตั้งตู้ชีวนิรภัยได้แก่

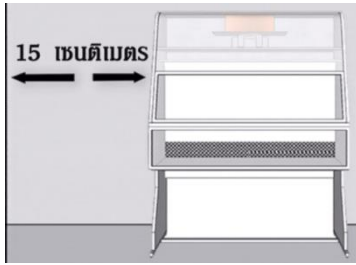
1. ควรวางให้ห่างจากแหล่งกำเนิดลมเช่น หัวจ่ายเครื่องปรับอากาศ พัดลม เครื่องปรับอากาศ หน้าต่างประตู ด้านบนของตู้ควรห่างจากเพดาน อย่างน้อย 30-36 เซนติเมตร (รูปที่ 8.3 ก) เพื่อให้มีช่องว่างในการตรวจรับรองและการซ่อมแซมตู้ ควรวางให้ด้านหลังตู้ห่างจากกำแพงอย่างน้อย 30 เซนติเมตร (รูปที่ 8.3 ข) และวางให้ด้านข้างของตู้ห่างจากอุปกรณ์อื่นอย่างน้อย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



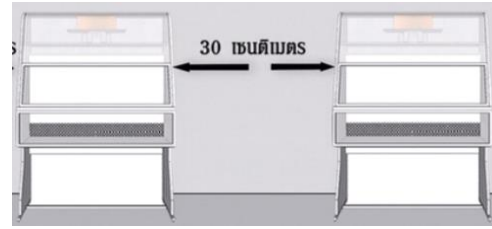
ก



ข



ค



ง

รูปที่ 8.3 ตำแหน่งการวางตู้ชีวนิรภัย

2. อากาศไหลเวียนในห้องปฏิบัติการต้องมีปริมาณมากพอ ไม่ควรติดตั้งตู้ชีวนิรภัยประเภทที่ต้องต่อ กับระบบระบายอากาศในห้องที่มีขนาดเล็กและการไหลเวียนของอากาศเข้าสู่ห้องไม่เพียงพอ รวมไปถึงห้องที่ต้อง ควบคุมความดันอากาศ เช่น ห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 3 หรือ clean room เป็นต้น เนื่องจากขณะใช้ งานตู้ชีวนิรภัย ระบบระบายอากาศจะทำงานและดูดอากาศภายในห้องออกตลอดเวลา จึงต้องมั่นใจว่าภายใน ห้องปฏิบัติการนั้นมีอากาศเข้าสู่ห้องมากเพียงพอ

3. ตู้ชีวนิรภัยควรต่อตรงเข้ากับเบรกเกอร์และแยกจากเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดอื่น และควรต่อกับ อุปกรณ์สำรองไฟเพื่อกันไฟกระชาก ไฟตก หรือ ไฟดับ

เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง

โดยทั่วไป การทำให้ปราศจากเชื้อด้วยความร้อนสามารถทำได้ 2 วิธีหลัก คือใช้ความร้อนแห้ง (dryheat) และความร้อนชื้น (moist heat) เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูงเป็นเครื่องมือที่ใช้ทำลายจุลชีพด้วยความ ร้อนชื้นซึ่งในการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธีนี้มีปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึง 4 ประการ คือ เวลา อุณหภูมิ ความ ดัน ความชื้น หากอุณหภูมิสูงขึ้นความดันสูงขึ้น ระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้ปราศจากเชื้อจะสั้นลง

การใช้ความร้อนชื้นในการกำจัดจุลชีพเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่สุดเนื่องจากคุณสมบัติของน้ำที่ สามารถนำความร้อนได้ดีกว่าอากาศ ดังนั้นการทำให้ปราศจากเชื้อโดยอาศัยความร้อนจึงสามารถทำให้วัตถุ นั้นปราศจากเชื้อที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าการใช้ความร้อนแห้งและใช้เวลาสั้นกว่าผลของการใช้ความร้อนชื้นจะทำ ให้โปรตีนของจุลชีพเกิดการจับเป็นก้อน (coagulation) และเกิดการสลายตัว (denaturation) ทำให้โปรตีนที่

เป็นองค์ประกอบภายในเซลล์ถูกทำลายอย่างถาวร ดังนั้นแบคทีเรียและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กจึงไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้

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

สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการใช้งานเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูงคือปริมาณการใส่ของในเครื่องนึ่ง ปริมาณน้ำต้องเพียงพอ และเครื่องต้องไม่มีการรั่วซึม ดังนั้นในการใช้งานจึงควรปฏิบัติตามนี้

1. ควรต่อผ่าน breaker โดยตรง
2. ตรวจสอบปริมาณน้ำภายในเครื่องให้ได้ตามกำหนด
3. นำสิ่งของที่ต้องการทำลายเชื้อใส่ลงไป รัดปากถุง biohazard bag หรือกรณีใช้ภาชนะฝาปิดต้อง คลายเกลียวหรือเปิดฝา
4. ติด autoclave tape ที่ภาชนะบรรจุ หลังการนึ่งต้องสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของเทปก่อนการนำป้ดำเนินการต่อ

5. ปิดฝาและตรวจสอบลินความดัน
6. ดำเนินการตามคู่มือหรือ SOP
7. ควรจัดทำและบันทึกการใช้งาน
8. เครื่องควรได้รับการตรวจสอบเทียบ (certification) อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

ข้อพึงระวังคือการทำงานของเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูงต้องการความบริสุทธิ์ของไอน้ำดังนั้นการใช้น้ำที่ไม่บริสุทธิ์เติมในเครื่องอาจทำให้สารที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำสะสมในห้องนึ่งและพื้นผิวภายในห้องนึ่งอาจเสียหาย ดังนั้นจำเป็นต้องใช้น้ำจากแหล่งที่เชื่อถือได้เช่น น้ำ RO (reverse osmosis) หรือ น้ำกรอง เป็นต้น

นอกจากนี้การบรรจุวัตถุปนเปื้อนที่ต้องการทำลายจุลชีพต้องใส่ในวัสดุที่สามารถให้ไอน้ำแทรกผ่านได้ และป้องกันไม่ให้จุลชีพเข้าไปปนเปื้อนเครื่องมือในภายหลังได้ซึ่งอาจจะเป็นกระดาษ ผ้า หรือพลาสติกที่ ออกแบบมาสำหรับใช้ในวัสดุประสงค์นี้โดยเฉพาะ การห่อวัตถุในถุงพลาสติกที่ปิดแน่นจนไอน้ำไม่สามารถเข้าไปสัมผัสกับวัตถุได้จะทำให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อลดลง เนื่องจากภายในถุงจะมีอากาศค้างอยู่จึงเปรียบ เเหมือนเรากำลังทำการฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนแห้งซึ่งต้องการอุณหภูมิที่สูงกว่าและเวลานานขึ้น

เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูงจัดเป็นเครื่องมือที่เกี่ยวกับความปลอดภัยด้านชีวภาพเช่นเดียวกับตู้ชีวนิรภัย โดยสามารถช่วยกักกันไม่ให้จุลชีพก่อโรคแพร่กระจายออกสู่ภายนอกได้ ดังนั้นเครื่องต้องได้รับการดูแลและ การตรวจสอบเพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องยังสามารถใช้งานได้ดี

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 ชี้ให้เห็นว่าเชื้อจุลินทรีย์และสปอร์ของเชื้อแบคทีเรียถูกทำลายแสดงให้เห็นว่าห่ออุปกรณ์ปราศจากเชื้อแล้ว

1. **การตรวจสอบทางกลไก (mechanical or physical monitoring)** เป็นการตรวจสอบการทำงานของเครื่องโดยดูจากตัวบ่งชี้ทางกลไกของเครื่อง (mechanical indicators) ได้แก่ มาตรฐานอุณหภูมิ มาตรฐานความดัน สัญญาณไฟต่างๆ แผนกราฟที่บันทึกการทำงานของเครื่องในแต่ละขั้นตอน สิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่แรกๆ บอกรับทราบถึงการทำงานของเครื่องหรือไม่ แต่ถึงแม้ว่าการตรวจสอบจะพบว่าเครื่องทำงานเป็นปกติก็ไม่สามารถยืนยันได้อย่างมั่นใจว่าห่ออุปกรณ์ที่อยู่ภายในห้องนึ่งไอน้ำที่ผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อแล้ว นั้นมีสภาพปราศจากเชื้อจริงจำเป็นต้องดูผลจากตัวบ่งชี้ทางเคมีและทางชีวภาพประกอบการพิจารณาด้วย

2. **การตรวจสอบเคมี (chemical monitoring)** เป็นการตรวจสอบว่าไอน้ำได้สัมผัสและแทรกซึมเข้าไปในไปถึงวัสดุอุปกรณ์ที่นำมานึ่งหรือไม่ ซึ่งสามารถตรวจสอบโดยดูจากการเปลี่ยนสีของตัวบ่งชี้ทางเคมี (chemical indicators) ซึ่งติดอยู่ภายนอกวัสดุอุปกรณ์และใส่ไว้ในห้องนึ่ง

ทั้งนี้ตัวบ่งชี้ทางเคมีแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ดังนี้

- **ตัวบ่งชี้ทางเคมีภายนอก (External chemical indicator)** มีลักษณะเป็นแถบกระดาษที่มีสีหรือสารเคมีเคลือบไว้เป็นแนวเส้นบนกระดาษ เรียกว่า เทปทดสอบเคมี (indicator tape หรือ autoclave tape รูปที่ 8.4) มักใช้กับการติดห่ออุปกรณ์ เพื่อมีให้หลุดลุ่ย และบ่งชี้ให้ทราบว่า ห่ออุปกรณ์ได้ผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อแล้วเท่านั้นเนื่องจากเทปทดสอบทางเคมีที่ติดภายนอกห่ออุปกรณ์ไม่สามารถบอกได้ว่าไอน้ำสามารถผ่านเข้าไปในห่ออุปกรณ์ได้อย่างทั่วถึง ดังนั้นตัวบ่งชี้ทางเคมีภายนอก จึงไม่สามารถใช้เป็นสิ่งยืนยันได้ว่าอุปกรณ์ที่อยู่ในห่อจะปราศจากเชื้อ



รูปที่ 8.4 ตัวอย่าง autoclave tape

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

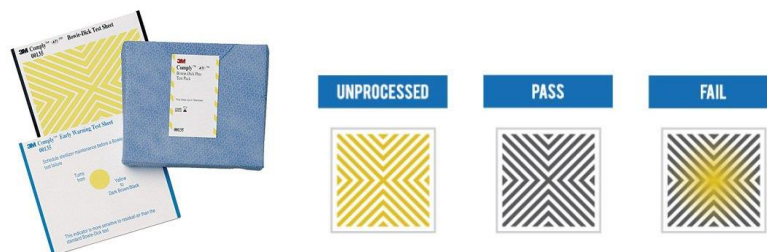
- ตัวบ่งชี้ทางเคมีภายใน (internal chemical indicator) ตัวบ่งชี้ทางเคมีภายในที่นิยมใช้มีลักษณะเป็นชิ้น (strip) หรือเป็นแผ่นกระดาษแข็ง (card) จะใส่ไว้ภายในห่ออุปกรณ์เพื่อให้ทราบว่าไอน้ำสามารถเข้าไปภายในห่อและสัมผัสกับอุปกรณ์ภายในห่อหรือไม่ (รูปที่ 8.5) ควรใส่ตัวบ่งชี้ทางเคมีภายในตรงกลางห่ออุปกรณ์หรือในส่วนของห่ออุปกรณ์ที่คาดว่าไอน้ำผ่านเข้าได้ยากที่สุด



รูปที่ 8.5 ตัวอย่างตัวบ่งชี้ทางเคมีภายใน

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

- ตัวบ่งชี้ทางเคมีแบบเฉพาะ (specific chemical indicator) ได้แก่ bowie-dick test (รูปที่ 8.6) ซึ่งเป็นผลงานของ J.H. Bowie และ J. Dick จาก Department of Microbiology, Royal Infirmary, Edinburgh ประเทศสกอตแลนด์ โดยเป็นตัวบ่งชี้ทางเคมีชนิดหนึ่งที่บ่งชี้ว่าการไล่อากาศออกจากห้องหนึ่งของเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง ชนิดเครื่องดูดสุญญากาศ (pre-vacuum steam sterilizer) ที่อุณหภูมิ 132-134 องศาเซลเซียส เป็นไปอย่างสมบูรณ์หรือไม่ ก่อนที่จะนำห่ออุปกรณ์ไปทำให้ปราศจากเชื้อโดยใช้เครื่องชนิดนี้ต้องทดสอบการไล่อากาศออกจากเครื่องโดยใช้ 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) (รูปที่ 8.7) เป็นวิธีการตรวจสอบการทำให้ปราศจากเชื้อที่เชื่อถือได้มากที่สุดและเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง วิธีการตรวจสอบใช้ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (biological indicator) เรียกโดยทั่วไปว่า spore test เป็นการใส่สปอร์ของเชื้อ *Bacillus steamothermophilus* หรือ *Geobacillus stearothermophilus* ซึ่งเป็นจุลชีพทนความร้อน และยังมีชีวิตเป็นตัวชี้วัดหากสปอร์ของเชื้อมีถูกทำลายยอมชี้ให้เห็นว่าจุลชีพอื่น จะถูกทำลายระหว่างอยู่ในกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อด้วย



รูปที่ 8.7 ตัวอย่าง Biological indicator

การตรวจสอบทำโดยการใส่ spore test ลงไปในห้องหนึ่งแล้วปล่อยให้เครื่องทำงานตามปกติ หลังจากนั้นจึงนำออกมาบ่มในตู้บ่มเชื้อเพื่อดูการเปลี่ยนสีในเวลาที่กำหนดหากไม่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงว่าเครื่องยังสามารถทำลายจุลชีพได้ตามปกติโดยทั่วไปนิยมวางหลอดทดสอบตามตำแหน่งที่มักใช้ใส่วัสดุที่ปนเปื้อนจุลชีพก่อโรคหรือสิ่งส่งตรวจจากผู้ป่วยเพื่อทำลายแต่หากเครื่องนี้ไอน้ำแรงดันสูงมีขนาดใหญ่ หรือมีไหลของวัสดุที่ต้องการทำลายด้วยตู้ตั้งกล่าวสูงอาจต้องเพิ่มจำนวนหลอดมากขึ้นเช่น วางที่ด้านล่าง ตรงกลาง และด้านบน เป็นต้นการทดสอบควรทำสม่ำเสมอหรืออย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง

สิ่งที่ต้องระวังคือ ควรใส่ spore test และดำเนินการร่วมไปกับการนี้ทำลายจุลชีพตามปกติ หลังจากเสร็จสิ้นการทำงานต้องเก็บวัสดุที่ทำลายชุดนี้ไว้ในที่ที่เหมาะสมเพื่อรอให้หลอดทดสอบแสดงผลว่าผ่านหรือไม่ก่อนดำเนินการจัดการกับวัสดุนั้นต่อไป

บทที่ 9

อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล(Personal Protective Equipment; PPE)

ในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องด้านสาธารณสุขเท่านั้น อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ โดยเฉพาะผู้ปฏิบัติงานในห้องชั้นสูงโรค เพราะเป็นอุปกรณ์ที่สามารถช่วยในการป้องกันและลดความเสี่ยงของผู้ปฏิบัติงานจากการสัมผัสจุลชีพรวมทั้งอันตรายทางกายภาพต่างๆ การเลือกอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ปฏิบัติ ต้องมีการประเมินความเสี่ยงของงานภายในห้องปฏิบัติการนั้นๆ (โปรดดูรายละเอียดเรื่อง การบริหารจัดการความเสี่ยงในบทที่10 การบริหารจัดการความเสี่ยงทางชีวภาพ) เพื่อเป็นแนวทางการเลือกใช้อุปกรณ์ดังนี้

1. ต้องทราบชนิด ข้อมูลต่างๆของสิ่งที่เป็นที่เป็นอันตราย
2. ต้องทราบถึงความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการจากอันตรายนั้น
3. ต้องทราบโอกาสและความรุนแรงของความเสี่ยงกับอันตรายนั้นที่อาจเกิดขึ้น

จากแนวทางดังที่กล่าวมา สามารถนำมาเป็นข้อมูลช่วยพิจารณากำหนดชนิดของอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสมกับงานในห้องปฏิบัติการนั้นได้ซึ่งชนิดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลสำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์ ได้แก่

1. เสื้อคลุมห้องปฏิบัติการ เสื้อกาวน์ ชุดคลุมทั้งตัว ผ่ากันเปื้อน (laboratory coat, gown, coverall, apron)

เป็นอุปกรณ์ที่ใส่เพื่อป้องกันร่างกายของผู้ปฏิบัติงานไม่ให้สัมผัสกับจุลชีพโดยตรงโดยเสื้อคลุมที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ มีอยู่ 3 ชนิดหลัก (รูปที่ 9.1) คือ

- เสื้อคลุมห้องปฏิบัติการ (laboratory coat) คือ เสื้อคลุมที่มีลักษณะเปิดด้านหน้า ปิดโดยการติดกระดุม เทปสำเร็จรูป หรือผูกเชือก อาจมีแขนยาวหรือแขนสั้นก็ได้ แต่สำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์ควรต้องใส่ชนิดแขนยาวคลุมถึงบริเวณข้อมือ

- เสื้อกาวน์ (gown) คือเสื้อคลุมที่มีลักษณะเปิดด้านหลัง ปิดโดยการติดกระดุม เทปสำเร็จรูป หรือผูกเชือก มีแขนเสื้อยาวปลายแขนอาจเย็บยางยืดไว้ช่วยชายแขนเสื้อแนบกระชับกับข้อมือ

- ชุดคลุมทั้งตัว หรือ ชุดหมี (coverall) คือ เสื้อคลุมที่มีลักษณะคลุมทั้งตัว เป็นเสื้อแขนยาวและกางเกงขายาวติดกันเป็นชิ้นเดียว บางชนิดอาจเย็บติดกับส่วนถุงหุ้มรองเท้า และ/หรือหมวกคลุมผมด้วย

โดยทั่วไปห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 2 (BSL2) ควรใช้เสื้อคลุมแบบเสื้อกาวน์และควรเป็นชนิดแขนยาว ส่วนห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 3 (BSL3) ควรใช้เสื้อคลุมเป็นแบบเสื้อกาวน์ หรือแบบชุดหมีในกรณีการปฏิบัติงานที่มีความเสี่ยงสูง เพื่อช่วยป้องกันลดโอกาสการปนเปื้อนจุลชีพจากการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการได้ดีกว่าเสื้อกาวน์ โดยสามารถเลือกใช้เป็นเสื้อคลุมชนิดที่ใช้แล้วทิ้ง หรือชนิดที่ใช้แล้วสามารถทำการลดการปนเปื้อนแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ขึ้นกับความสะดวกและความเหมาะสม นอกจากนี้เสื้อคลุมยังมีความหลากหลายในเรื่องของวัสดุที่ใช้ผลิต ซึ่งมักจะเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ และของเหลว สามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสม



lab coat



gown



coverall

รูปที่ 9.1 เสื้อผ้าป้องกันสำหรับการปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ

การใช้ผ้ากันเปื้อน (apron) (รูปที่ 9.2) อาจใส่เพิ่มเติมปิดคลุมเสื้อกาวน์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการหกกระเด็นของสิ่งปนเปื้อนเชื้อจุลชีพที่เป็นของเหลว เช่น เลือด น้ำเลี้ยงเซลล์ เป็นต้น



รูปที่ 9.2 ตัวอย่างผ้ากันเปื้อนสำหรับการปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ

นอกจากนี้บริเวณที่ใช้สำหรับการซักทำความสะอาดเสื้อคลุม ควรอยู่ภายในห้องปฏิบัติการ หรือใกล้ห้องปฏิบัติการ และหากต้องจำเป็นต้องขนย้ายเสื้อคลุมจากห้องปฏิบัติการไปยังห้องที่ทำการลดการปนเปื้อนหรือทำการซักล้างต้องมีระเบียบวิธีปฏิบัติในการขนย้ายที่เหมาะสม เพื่อป้องกันและลดโอกาสการสัมผัสเชื้อของบุคลากรและการแพร่กระจายเชื้อจากห้องปฏิบัติการสู่สิ่งแวดล้อม

ข้อควรระวังสำหรับการใช้งาน คือ ต้องไม่ใส่เสื้อคลุมห้องปฏิบัติการ เสื้อกาวน์ ผ้ากันเปื้อนออกนอกห้องปฏิบัติการ

2. แว่นตานิรภัย ครอบตานิรภัย กระจับป้องกันใบหน้า (safety glasses, safety goggles, face shield)

เป็นอุปกรณ์ที่ใส่เพื่อป้องกันดวงตา และ/หรือใบหน้าของผู้ปฏิบัติงานไม่ให้สัมผัสกับจุลชีพโดยตรงจากการหกกระเด็นของสารละลายปนเปื้อนจุลชีพ และสารชีวภาพอันตรายที่อาจมากระทบขึ้นกับลักษณะของกิจกรรมที่ทำ

- แว่นตานิรภัย (safety glasses) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยปกป้องดวงตาของผู้ปฏิบัติงานจากจุลชีพโดยแว่นทำจากวัสดุที่ป้องกันการแตกละเอียด ไม่สามารถป้องกันการกระเด็นด้านข้างรอบดวงตาได้อย่างสมบูรณ์ ผู้ที่ใส่แว่นสายตาสามารถใช้แว่นตานิรภัยที่มีกรอบแว่นชนิดพิเศษสามารถนำเลนส์เฉพาะมาวางที่กรอบบริเวณด้านหน้าของแว่นได้ (รูปที่ 9.3)



รูปที่ 9.3 ตัวอย่างแว่นตานิรภัยสำหรับการปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ

- ครอบตานิรภัย (safety goggles) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยปกป้องดวงตาของผู้ปฏิบัติงานจากจุลชีพใช้ใส่ป้องกันการกระเด็นและการกระแทก ครอบตานิรภัยที่ดีต้องสามารถป้องกันการกระเด็นโดนดวงตาได้ทุกทิศทางและต้องแนบกับใบหน้าได้สนิท ซึ่งผู้ปฏิบัติงานที่ใส่แว่นสายตาหรือคอนแทคเลนส์ สามารถใส่แว่นชนิดนี้ครอบไว้อีกชั้นหนึ่ง นอกจากนี้ยังสามารถใส่ร่วมกับกระจับป้องกันใบหน้ากรณีหากต้องทำงานกับจุลชีพก่อโรคที่รุนแรง (รูปที่ 9.4)



รูปที่ 9.4 ตัวอย่างครอบตานิรภัยสำหรับการปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาด้านชีวภาพ

- กระจกป้องกันใบหน้า (face shield) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยป้องกันทั้งใบหน้า บางรุ่นสามารถปกป้องได้ถึงบริเวณลำคอ และติดกับศีรษะด้วยสายรัดหรือหมวก กระจกป้องกันใบหน้าที่ดีควรทำจากวัสดุที่ป้องกันการแตกละเอียด มีลักษณะใส แข็งแรง มีน้ำหนักเบาสวมใส่สบายสามารถบังได้ทั้งใบหน้า โดยทั่วไปหากในการปฏิบัติงานกับจุลชีพนั้นมีโอกาสในการเกิดการกระเด็นของแข็งหรือของเหลวสูงอาจพิจารณาใส่ครอบตานิรภัยร่วมกับกระจกป้องกันใบหน้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันและลดโอกาสการสัมผัสจุลชีพเพิ่มขึ้น (รูปที่ 9.5)



รูปที่ 9.5 กระจกป้องกันใบหน้าที่ใช้ในการปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์

ข้อควรระวังสำหรับการใช้งาน คือ ต้องไม่ใส่แว่นตานิรภัยครอบตานิรภัย และกระจกป้องกันใบหน้า ออกนอกห้องปฏิบัติการ

3. อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ (respirator)

อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจอาจใช้เมื่อต้องปฏิบัติงานที่มีอันตรายหรือความเสี่ยงสูง เช่น การทำความสะอาดจุลชีพก่อโรคที่หกรั่วไหล การเลือกใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ขึ้นกับชนิดของอันตรายที่อาจได้รับ ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคล ควรเข้าได้พอดีกับใบหน้าของผู้สวมใส่ควรปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ และต้องได้รับการทดสอบความเหมาะสมก่อนนำมาใช้ จึงจะสามารถป้องกันได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยทั่วไปอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจมีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภทหลัก คือ

- หน้ากากกรองอากาศ (air-purifying respirator) ทำหน้าที่กรองอนุภาคที่แขวนลอยในอากาศ (airborne particles หรือ aerosol) เช่น ฝุ่นควันละอองและเชื้อโรคออกจากอากาศที่ผู้สวมใส่หายใจเข้าไป แต่ไม่สามารถกรองก๊าซและไอของสารเคมีอันตรายต่อร่างกายหรือป้องกันกลิ่นได้ ได้แก่

- หน้ากากอนามัย (surgical mask) เป็นหน้ากากชนิดกรองอนุภาคได้ขนาดเล็กที่สุดคือ 5 ไมครอนเท่านั้น จึงไม่ได้ถูกออกแบบมาใช้สำหรับป้องกันทางเดินหายใจของผู้สวมใส่จากการสูดหายใจเอาอนุภาคของจุลชีพก่อโรคเข้าสู่ปอด เดิมแพทย์และพยาบาลใช้สวมขณะผ่าตัดเพื่อป้องกันไม่ให้ละอองหรือของเหลวซึ่งเป็นสารคัดหลั่งของผู้ป่วยเข้าปาก และช่วยป้องกันเสมหะหรือน้ำลายของแพทย์และพยาบาลไม่ให้กระเด็นเข้าแผลผู้ป่วยปัจจุบันให้ผู้ป่วยด้วยโรคติดเชื้อทางระบบหายใจสวมเพื่อป้องกันไม่ให้เสมหะหรือน้ำมูกน้ำลาย แพร่กระจายไปสู่ผู้อื่นโดยเฉพาะ

ในขณะไอหรือจามหน้ากากอนามัยนิยมทำด้วยวัสดุสังเคราะห์เทียมผ้า (nonwoven polypropylene and microporous materials) สำหรับใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง (disposable) ไม่ต้องการทำความสะอาดผู้ผลิตบางรายอาจติดแถบโลหะอ่อนไว้ที่ขอบบนสำหรับบีบให้แนบกับสันจมูกเพื่อให้สวมได้แนบสนิทยิ่งขึ้นมีสายใช้ผูกรัดเหนือใบหูและใต้ใบหูหรืออาจทำเป็นห่วงสำหรับคล้องใบหู (ear loop) แต่ละข้างเพื่อตรึงหน้ากากให้แนบติดกับใบหน้าผู้สวม (รูปที่ 9.6)



รูปที่ 9.6 หน้ากากอนามัย

ข้อดี คือมีน้ำหนักเบาสวมถอดง่ายราคาถูกหาซื้อได้ทั่วไป

ข้อเสีย คือไม่สามารถกรองจุลชีพได้ทุกชนิดสวมได้ไม่แนบสนิทอากาศสามารถเล็ดลอดเข้าทางช่องว่างบริเวณขอบหน้ากากโดยรอบได้

- หน้ากากกรองอากาศชนิดที่ใช้แล้วทิ้ง (particulate respirator) (รูปที่ 9.7) สามารถกรองอนุภาคที่แขวนลอยในอากาศ เช่นฝุ่นควันละอองและเชื้อโรคเมื่อสวมแล้วจะแนบกับใบหนารอบบริเวณจมูกและปากดังนั้นจึงสามารถใช้สวมเพื่อป้องกันไม่ให้สูดหายใจเอาอนุภาคซึ่งรวมถึงจุลชีพบางชนิดเข้าสู่ปอดทำด้วยวัสดุที่สามารถกรองอนุภาคขนาดเล็กได้ถึง 0.3 ไมครอน มีสายรัด 2 เส้นทำด้วยวัสดุยืดหดได้สำหรับคาดเหนือและใต้ใบหู เพื่อตรึงให้หน้ากากแนบกับใบหน้าผู้สวมและมีแถบโลหะอ่อนที่ขอบบนของตัวหน้ากากสำหรับบีบให้แนบกับสันจมูกเวลาสวมเพื่อให้สวมได้แนบสนิทยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีหน้ากากแบบมีลิ้นทางออก (exhalation valve) ซึ่งจะยอมให้ลมหายใจออกไหลออกสู่บรรยากาศภายนอกเมื่อผู้สวมหายใจออก แต่จะปิดสนิทเมื่อผู้สวมหยุดหายใจหรือสูดหายใจเข้า โดยไม่ยอมให้อากาศภายนอกไหลเข้าทางลิ้นนี้ได้ดังนั้นอากาศที่ผู้สวมหายใจเข้าจึงต้องผ่านการกรองด้วยวัสดุที่ใช้ทำตัวหน้ากากเสมอ แบบมีลิ้นทางออกจึงสามารถช่วยให้ผู้สวมหายใจได้สะดวกกว่าแบบธรรมดาที่ไม่มีลิ้นทางออก ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องปฏิบัติงานติดต่อกันเป็นเวลานานหรือต้องออกแรงมากขณะปฏิบัติงานหน้ากากกรองอนุภาคใช้แล้วทิ้งแบบธรรมดาที่ไม่มีลิ้นทางออกมีแรงต้านการหายใจทำให้หายใจลำบากมากกว่าเนื่องจากทั้งลมหายใจเข้าและออกอากาศจะต้องไหลผ่านวัสดุกรองที่ใช้ทำตัวหน้ากาก ดังนั้นหญิงตั้งครรภ์ ผู้ที่เป็นโรคหอบหืดโรคปอด โรคความดัน โรคหัวใจ และโรคทางเดินลมหายใจจึงไม่ควรใช้

ข้อดี คือไม่จำเป็นต้องดูแลรักษาหลังการใช้งานใช้แล้วทิ้งเมื่อเสียรูปทรงหรือมีสิ่งบ่งชี้ว่าไม่เหมาะสมที่จะใช้งานต่อไปมีน้ำหนักเบาสวมถอดง่าย

ข้อเสีย คือมักไม่สามารถสวมให้แนบสนิทได้ 100% ตลอดเวลาของการสวมใส่เพราะในการทำกิจกรรมขณะสวมใส่ เช่น พุด เติน เคลื่อนย้ายใบหน้ามีโอกาสสูงที่จะทำให้หน้ากากเกิดความไม่แนบสนิทกับใบหน้าทำให้อากาศที่อาจปนเปื้อนจุลชีพเล็ดลอดเข้าได้ นอกจากนี้ยังเป็นหน้ากากชนิดที่ไม่มีวางจำหน่ายทั่วไปและราคาแพงกว่าหน้ากากอนามัย



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) อนุภาคที่ไม่ใช้น้ำมัน (ทดสอบด้วย NaCl)	R Class (Oil resistant) อนุภาคที่ใช้และไม่ใช้น้ำมัน (ทดสอบด้วยละออง DOP)	P Class (Oil proof) อนุภาคที่ใช้และไม่ใช้น้ำมัน และใช้เป็นเวลานาน (ทดสอบด้วยละออง DOP)
95	N95	R95	P95
99	N99	R99	P99
99.97	N100	R100	P100

สัญลักษณ์ตัวอักษรหมายถึงชนิดอนุภาคที่สามารถกรองได้ ตัวเลขหมายถึงประสิทธิภาพในการกรอง เช่น N95 หมายถึง หน้ากากนั้นมีประสิทธิภาพการกรองอนุภาคที่ไม่ใช้น้ำมันที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.3 ไมครอนได้ไม่ต่ำกว่า 95% หน้ากากกรองอนุภาคใช้แล้วทิ้งในชนิด R และ P อาจไม่จำเป็นสำหรับผู้ปฏิบัติงานสอบสวนป้องกันและควบคุมโรคเนื่องจากส่วนใหญ่สภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงานไม่ได้มีละอองน้ำมันสำหรับการปฏิบัติงานกับเชื้ออันตรายที่มีการติดต่อทางระบบทางเดินหายใจแนะนำควรใช้หน้ากากที่มีประสิทธิภาพการ

กรองอนุภาคได้ที่ N95 เป็นอย่างน้อย ซึ่งในท้องตลาดมีขายหลายรูปแบบควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับ ผู้ปฏิบัติงานแต่ละคน

- หน้ากากพร้อมเครื่องกรองอากาศแบบครอบครึ่งใบหน้า และเต็มใบหน้า (Half-face or full-face elastomeric respirator) (รูปที่ 9.8) เป็นหน้ากากที่สามารถกรองอนุภาค และ/หรือดูดซับก๊าซและไออันตรายได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องกรองอากาศที่เลือกใช้ ตัวหน้ากาก เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้ภายหลังการฆ่าเชื้อและทำความสะอาด มีอายุการเก็บรักษาและใช้งานค่อนข้างยาวนานจนกว่าจะชำรุด ระบบการทำงานของหน้ากากเป็นแบบ “แรงดันลบ” (negative pressure) หมายความว่าอากาศภายนอกจะไหลเข้าสู่ภายใน หน้ากากในจังหวะที่ผู้สวมสุดหายใจเข้า เพราะเป็นภาวะที่ความดันภายในหน้ากากต่ำกว่าความดันบรรยากาศภายนอกและเมื่อผู้สวมหายใจออก อากาศภายในหน้ากากจึงจะไหลออกสู่บรรยากาศ



รูปที่ 9.8 หน้ากากป้องกันแบบครอบครึ่งใบหน้าและเต็มใบหน้า

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

ชิ้นส่วนหลักของหน้ากากชนิดนี้ ได้แก่

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

(1.1) ช่องมอง (visor หรือ eyepiece) เป็นเลนส์พลาสติกแข็งและใสซึ่งมีเฉพาะ หน้ากากแบบครอบเต็มใบหน้าเท่านั้นช่วยให้ผู้สวมมองเห็นได้ขณะสวม และช่วยป้องกันสิ่งที่อาจเป็นอันตราย กระเด็นเข้าดวงตาช่องมองอาจเป็นแบบ 2 ช่องคล้ายแว่นตาหรือเป็นเพียงช่องขนาดใหญ่เพียงช่องเดียวซึ่งจะทำให้มีทัศนวิสัยในการมองเห็นที่ต่ำกว่า

(1.2) หน้ากากแบบครอบเต็มใบหน้าจะมีครอบจมูก (nose cup) อยู่ด้านในทำหน้าที่ยกห่างจากจมูกเพื่อป้องกันการเกิดฝ้าหมอกบนเลนส์ของช่องมอง เนื่องจากไอน้ำจากความชื้นของลมหายใจออก

(1.3) อาจมีอุปกรณ์ถ่ายทอดเสียง (voicemitter) เพื่อให้ผู้สวมสามารถเปล่งเสียงพูดให้ผู้อื่นได้ยินได้ ที่ด้านหน้าของตัวหน้ากากในตำแหน่งที่ตรงกับปากของผู้สวม

(2) ลิ้นหน้ากาก (valve) ทำด้วยยางหรือยางเทียมมีลักษณะเป็นแผ่นแปะติดกับช่องลมหายใจเข้าของหน้ากาก คือ ลิ้นทางเข้า (inlet valve หรือinhalation valve) และแปะติดกับช่องลมหายใจออกของหน้ากาก คือ ลิ้นทางออก (outlet valveหรือexhalation valve) ซึ่งทำหน้าที่บังคับการไหลของอากาศให้เดินทางเดียวที่ช่องลมหายใจเข้า เมื่อผู้สวมสูดหายใจเข้าลิ้นทางเข้าจะเปิดให้อากาศภายนอกไหลเข้าภายในตัวหน้ากากผ่านเครื่องกรองอากาศ แต่จะปิดสนิทไม่ยอมให้อากาศภายในตัวหน้ากากไหลออกเมื่อผู้สวมหายใจออกลมหายใจออกจะไหลออกสู่บรรยากาศภายนอกผ่านทางลิ้นทางออกซึ่งจะปิดสนิทในจังหวะการหยุดหายใจหรือในจังหวะการหายใจเข้าเพื่อป้องกันมิให้อากาศภายนอกที่ยังไม่ผ่านการกรองไหลย้อนเข้าภายในตัวหน้ากากได้

(3) เครื่องกรองอากาศแบบแผ่นหรือตลับ (filter) (รูปที่ 9.9) เป็นหัวใจหลักของหน้ากากป้องกันชนิดนี้วัสดุกรองซึ่งอยู่ภายในเครื่องกรองมักเป็นกระดาษกรองซึ่งมีประสิทธิภาพการกรองสูง สามารถกรองได้ทั้งอนุภาคซึ่งรวมถึงจุลชีพก่อโรค และ/หรือดูดซับก๊าซไอกลิ่นในได้ด้วยชั้นกับชนิดของวัสดุตัวกรอง เครื่องกรองสามารถถอดออกจากตัวหน้ากากได้เมื่อต้องการจะแยกเก็บหรือเปลี่ยนใหม่เมื่อหมดอายุการใช้งานหรือชำรุด



รูปที่ 9.9 ตัวอย่างเครื่องกรอง หรือตลับกรองอากาศ

(4) ชุดสายรัดศีรษะ (head harness) ทำหน้าที่ตรึงตัวหน้ากากให้อยู่กับที่แนบสนิทกับใบหน้าของผู้สวมหน้ากากแบบครอบครึ่งใบหน้าส่วนมากจะมีสายรัดศีรษะ 2 คู่ ส่วนหน้ากากแบบครอบเต็มใบหน้าจะมีสายรัดศีรษะตั้งแต่ 2 – 3 คู่สายรัดศีรษะอาจทำด้วยยางหรือวัสดุที่ยืดหดได้แต่แต่ละคู่สามารถปรับความยาวได้ เพื่อให้พอเหมาะกับความยาวของศีรษะของผู้สวมนอกจากนี้สายรัดศีรษะยังอาจเย็บติดกับแผ่นยึดศีรษะ (head harness pad) ซึ่งอยู่ด้านหลังศีรษะของผู้สวมผู้ผลิตบางรายอาจทำแผ่นยึดศีรษะเป็นแผ่นตาข่ายขึ้นใหญ่เพื่อให้สะดวกในการสวม

ข้อดี คือมีประสิทธิภาพในการป้องกันสูงกว่าหน้ากากกรองอากาศชนิดใช้แล้วทิ้ง เครื่องกรองอากาศกรองจุลชีพก่อโรคได้ทุกชนิดสวมได้แนบสนิทกับใบหน้าสามารถใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้แต่ต้องมีวิธีการจัดการลดการปนเปื้อนหลังการใช้งานที่เหมาะสม มีอายุการใช้งานยาวนาน

ข้อเสีย คืออาจรู้สึกอึดอัดและสื่อสารลำบากเวลาสวมใส่ ไม่มีวางจำหน่ายทั่วไป และราคาค่อนข้างแพงอุปกรณ์ทุกชิ้นมีอายุการใช้งานต้องการการดูแลทำความสะอาดและฆ่าเชื้อหลังการใช้ด้วยวิธีที่เหมาะสม และต้องเปลี่ยนเครื่องกรองอากาศเมื่อหมดอายุการใช้งานหรือเมื่อจำเป็น มิฉะนั้นจะไม่สามารถให้การป้องกันระบบทางเดินหายใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีอะไหล่สำรองไว้เปลี่ยน ผู้ใช้ต้องได้รับการฝึกให้สวมและถอดได้อย่างถูกวิธี

- เครื่องกรองอากาศที่จัดส่งอากาศ (powered air purifying respirator; PAPR) (รูปที่ 9.10) เป็นอุปกรณ์ชนิดกรองอนุภาค ดูดซับก๊าซและไอสารเคมีอันตรายมี 3 แบบคือ แบบหน้ากากครอบเต็มใบหน้า (full facepiece) แบบคลุมศีรษะ (hood) และแบบครอบศีรษะ (helmet) ปัจจุบันงานควบคุมโรค และงานห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาที่มีความเสี่ยงสูงนิยมใช้เครื่องกรองอากาศที่จัดส่งอากาศให้แบบคลุมศีรษะซึ่งเป็นอุปกรณ์ป้องกันระบบหายใจที่จ่ายอากาศหายใจที่กรองอนุภาคก๊าซและไอแล้วให้ผู้สวมอย่างต่อเนื่องจนทำให้ความดันอากาศภายในถุงคลุมศีรษะเป็นบวก ช่วยทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อากาศภายนอกเข้าไปในถุงคลุมศีรษะได้โดยส่วนของถุงคลุมศีรษะจะทำหน้าที่แทนหน้ากากด้วย



รูปที่ 9.10 เครื่องกรองอากาศที่จัดส่งอากาศให้ 1. แบบหน้ากากครอบเต็มใบหน้า(ซ้าย)
2. แบบคลุมศีรษะ (กลาง) และ 3.แบบครอบศีรษะ (ขวา)

ที่มา: <https://www.activeforever.com/>
<http://www.hazardxonthenet.net/>
<https://www.cdc.gov/>

เครื่องกรองอากาศที่จัดส่งอากาศให้แบบคลุมศีรษะมีองค์ประกอบหลัก 2 ส่วนแยกกันและต้องประกอบเข้าด้วยกันเมื่อต้องการใช้งาน องค์ประกอบทั้งสองส่วนนี้ คือ

(1) ผ้าคลุมศีรษะ หรือ ถุงคลุมศีรษะ (hood) (รูปที่ 9.11) ทำด้วยวัสดุสังเคราะห์อ่อนนุ่มสามารถทำความสะอาดได้เมื่อสวมแล้วจะคลุมตั้งแต่ศีรษะลงมาถึงหน้าอกผู้สวมด้านหน้ามีช่องมองทำด้วยพลาสติกใสด้านหลังมีช่องอากาศเข้าสำหรับนำท่อหายใจของเครื่องกรองอากาศมาต่อกับถุงคลุมศีรษะ



รูปที่ 9.11 ถุงคลุมศีรษะ สำหรับ PAPR

ที่มา: http://fitritesafety.com/powerd-air-purifying-respirator-papr-c-170_279/
<http://mundoblogs.info/3m-papr>

(2) ชุดเครื่องกรองอากาศแบบมีมอเตอร์เป่าอากาศ (battery-powered filter) (รูปที่ 9.12) ทำหน้าที่จัดส่งอากาศหายใจที่กรองแล้วให้ผู้สวมมีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้



รูปที่ 9.12 ชุดเครื่องกรองอากาศแบบมีมอเตอร์เป่าอากาศ

(2.1) มอเตอร์พร้อมพัดลมดูดอากาศ (motor blower unit) ซึ่งใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้า

(2.2) เครื่องกรองอากาศแบบตลับหรือแบบกระป๋อง (filter) จำนวนเท่าใดขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ผลิตสามารถต่อเครื่องกรองอากาศกับมอเตอร์และท่อหายใจ

(2.3) ท่อหายใจ (breathing hose หรือ air hose) มีลักษณะเป็นท่ออ่อนสามารถโค้งงอได้ปลายข้างหนึ่งสามารถต่อกับมอเตอร์และปลายอีกข้างหนึ่งสามารถต่อกับช่องอากาศเข้าของถุงคลุมศีรษะ

หลักการการทำงานของ PAPR คือ เมื่อมอเตอร์ทำงานจะดูดเอาอากาศโดยรอบเข้าทางเครื่องกรองอากาศอากาศที่ผ่านการกรองแล้วจะถูกเป่าให้ไหลไปตามท่อหายใจเข้าไปในถุงคลุมศีรษะในอัตราการไหลคงที่ ปริมาณมากระบบการทำงานของหน้ากากแบบคลุมศีรษะเป็นแบบที่เรียกว่า แรงดันบวก (positive pressure) หมายถึงขณะที่มอเตอร์ทำงานปกติอัตราการจ่ายอากาศสะอาดเข้าภายในถุงคลุมศีรษะมีปริมาณคงที่และสม่ำเสมอจนทำให้เกิดความดันภายในถุงคลุมศีรษะสูงกว่าความดันอากาศภายนอกถุงคลุมศีรษะ ทำให้อากาศภายในถุงคลุมศีรษะมีทิศทางการไหลออกสู่ภายนอกตามชายขอบของถุงคลุมศีรษะตลอดเวลา ช่วยให้เกิดม่านอากาศในการป้องกันไม่ให้อากาศจากภายนอกถุงคลุมศีรษะ ซึ่งยังไม่ผ่านการกรองและอาจมีอนุภาคของจุลชีพก่อโรคปนเปื้อนอยู่นั้นเข้าภายในถุงคลุมศีรษะได้ ช่วยทำให้ผู้สวมหายใจได้สะดวกขึ้นมากเพราะไม่ต้องออกแรงสูดหายใจเข้าและได้รับอากาศสะอาดหายใจในปริมาณมากกว่าการหายใจเองจึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องปฏิบัติงานติดต่อกันเป็นเวลานานโดยเฉพาะงานที่ต้องออกแรงมาก ข้อจำกัดมีเพียงระยะเวลาที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้มอเตอร์เป่าอากาศทำงาน และประสิทธิภาพการกรองของวัสดุเครื่องกรองอากาศ

ข้อดี คือมีประสิทธิภาพในการป้องกันสูง ไม่ต้องทำ fit testing ผู้สวมหายใจสะดวก เหมาะกับผู้ที่ปัญหาด้านสุขภาพเกี่ยวกับระบบหัวใจ ปอด และรูปหน้าที่ไม่สามารถใช้หน้ากากชนิด particulate respirator ได้และเป็นอุปกรณ์ที่ใช้แล้วสามารถทำความสะอาดลดการปนเปื้อนแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้

ข้อเสีย คือมีราคาแพงอาจเป็นอุปสรรคต่อการทำงานการเคลื่อนไหว และการสื่อสาร ระยะเวลาการใช้งานจำกัดด้วยแบตเตอรี่ต้องเปลี่ยนอะไหล่อุปกรณ์แต่ละชิ้นเมื่อหมดอายุการใช้งานจึงจำเป็นต้องสะสมแบตเตอรี่และชิ้นส่วนไว้เปลี่ยนทดแทนต้องมีระบบการจัดการลดการปนเปื้อนหลังการใช้ที่ยุ้งยากผู้ใช้ต้องได้รับการฝึกให้สวมและถอดได้อย่างถูกวิธี และต้องมีเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุงไว้คอยทำหน้าที่ดูแลรักษา

- **ชุดจัดส่งอากาศ (supplied air respirator)** เป็นอุปกรณ์ที่ไม่ใช้ระบบเครื่องกรองอากาศจากอากาศในบริเวณที่ปฏิบัติงานเพื่อจ่ายให้ผู้สวม แต่จะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายอากาศสะอาดสำหรับผู้สวมหายใจโดยตรง (รูปที่ 9.13) ได้แก่

- 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>

- เครื่องช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศ (self-contained breathing apparatus; SCBA) เป็นอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจที่มีแหล่งจ่ายอากาศหายใจแยกอิสระจากอากาศในบริเวณที่ปฏิบัติงานผู้สวมหายใจโดยได้รับอากาศสะอาดจากถังอากาศที่สะพายติดไปกับตัว ซึ่งเป็นถังบรรจุอากาศแบบอัดที่มีขนาดความจุตั้งแต่ 30 นาทีจนถึง 90 นาทีให้เลือกจึงมีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาที่สามารถอยู่ปฏิบัติงานในพื้นที่มีอันตรายเป็นอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจที่ให้การป้องกันได้สูงสุด จ่ายอากาศให้ตามจังหวะการหายใจและตามปริมาณความต้องการอากาศหายใจของผู้สวมมักใช้เป็นอุปกรณ์มาตรฐานสำหรับพนักงานดับเพลิงใช้และยังเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับผู้ปฏิบัติงานกับวัตถุอันตราย (hazardous materials หรือ HazMat)

(รูปที่ 9.14)



รูปที่ 9.14 ชุดจัดส่งอากาศชนิดมีถังอากาศ

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

ทั้งนี้ต้องมีการทดสอบ fit testing คือการทดสอบความแนบสนิทหรือความกระชับแนบกับใบหน้าของการใส่อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจชนิดที่มีลักษณะเป็นหน้ากาก เช่น particulate respiratory

ชุดกรองอากาศแบบครอบครึ่งใบหน้าและเต็มใบหน้า เป็นต้น การทดสอบ fit testing ทำได้ 2 วิธี คือ 1) การวัดเชิงปริมาณ ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ผลที่ละเอียด แต่เครื่องมือมีราคาแพง และ 2) การวัดเชิงคุณภาพ ซึ่งเป็นที่นิยม เนื่องจากสะดวก และราคาเครื่องมือถูกกว่าที่เรียกว่า “fit test kit” (รูปที่ 9.15)



รูปที่ 9.15 การทดสอบความแนบสนิทการใส่หน้ากากชนิดใช้แล้วทิ้ง ด้วย fit test kit

ปกติจะทำในครั้งแรกก่อนการปฏิบัติงาน เพื่อเลือกหน้ากากกรองอากาศชนิดที่กระชับแนบสนิท กระชับกับใบหน้าของผู้สวมแต่ละคน หลังจากนั้นควรต้องทำการทดสอบอย่างน้อยปีละครั้ง หรือเมื่อผู้สวมมีน้ำหนักเปลี่ยนแปลงมาก หรือมีรูปร่างเปลี่ยนไป เช่น เกิดอุบัติเหตุที่มีผลทำให้รูปร่างช่วงคางเปลี่ยน เป็นต้น

4. ถุงมือ

การปนเปื้อนของมือมักเกิดเมื่อต้องปฏิบัติงานกับสิ่งปนเปื้อนจุลชีพหรือจุลชีพในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากมือเป็นอวัยวะที่มีโอกาสได้รับบาดเจ็บได้ง่ายจากการปฏิบัติงาน โดยเฉพาะการปฏิบัติงานกับของมีคม 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
รองเท้ายาง	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 ครีมน้ำ หรือ แบบหมวกคลุมทั้งศีรษะ (hood) และสามารถจ่ายอากาศสะอาดสำหรับ หายใจได้
ถุงมือ	การสัมผัสโดยตรง การตัด	ชนิดใช้แล้วทิ้งมีทั้งแบบที่ทำจาก latex, vinyl หรือ nitrile ป้องกันมือ โดยมีตาข่ายสแตนเลสตีล (stainless steel mesh)

วิธีการถอดถุงมือที่ถูกต้อง ควรปฏิบัติตามขั้นตอน 1-4 ดังนี้



1 ใช้มือข้างหนึ่งจับข้อมือด้านนอกของมือ
ของมืออีกข้างหนึ่งบริเวณใกล้ข้อนิ้ว



2 ดึงถุงมือออกในลักษณะให้ข้อมือด้านใน
ของถุงมือออกมาด้านนอก



3 กำถุงมือข้างที่ถอดออกไว้ในฝ่ามือ
ของข้างที่ยังไม่ได้ถอดถุงมือ



4 สอดนิ้วชี้ข้างที่ถอดถุงมือแล้ว ไปในถุงมือ
ของมือข้างที่ยังไม่ถอดแล้วค่อยๆดึงถอด
ถุงมือออกมาในลักษณะให้ผิวหนังด้านในของ
ถุงมือออกมาด้านนอก ถุงมือข้างที่ถอด
ออกนี้จะกลายเป็นถุงหุ้มถุงมือข้างแรก
ที่ถอดและกำอยู่ในมือก่อนหน้านี้

ข้อควรระวังสำหรับการใช้งาน คือ ต้องไม่ใส่ถุงมือออกนอกห้องปฏิบัติการ และควรทิ้งในภาชนะทิ้ง
ขยะปนเปื้อนเชื้อจุลชีพ ที่มีลักษณะปิดมิดชิด เพื่อรวบรวมรอนำไปกำจัดต่อไป

นอกจากการเลือกใช้ชนิดของอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลให้เหมาะสมกับลักษณะงาน ความเสี่ยงของ
อันตรายที่เกี่ยวข้องแล้ว ลำดับการถอดใส่อุปกรณ์ส่วนบุคคล เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญซึ่งอาจมีผลทำให้
เกิดการติดเชื้อหรือสัมผัสจุลชีพก่อโรคของผู้สวมใส่ รวมถึงการแพร่กระจายจุลชีพนั้นสู่นอกห้องปฏิบัติการได้
ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ทุกหน่วยงานต้องพิจารณาจัดทำลำดับและวิธีการถอดใส่ชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วน
บุคคลให้เหมาะสม และต้องฝึกอบรมให้ผู้ใส่สามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้องตามระเบียบปฏิบัติที่กำหนด พร้อม
ทั้งมีการติดตามและประเมินผลการใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลของบุคลากรอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งระเบียบ
ปฏิบัติขั้นตอนการถอดใส่ของแต่ละหน่วยงานอาจมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะของแต่ละชั้นของ
อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่ห้องปฏิบัติการเลือกใช้ ลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ เป็นต้น
นอกจากนี้สิ่งสำคัญผู้ปฏิบัติงานควรต้องใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลเมื่อต้องทำงานในห้องปฏิบัติการ ถอด
เมื่อออกจากห้องปฏิบัติการเสมอ และหลังจากถอดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลแล้วต้องล้างมืออย่างถูกวิธีทุก
ครั้ง

5. การทำความสะอาดมือ

การทำความสะอาดมือ หมายถึง การขจัดสิ่งสกปรกและเชื้อจุลชีพออกจากมือ ไม่ว่าจะเป็นการล้าง
มือด้วยสบู่ น้ำยาฆ่าเชื้อ หรือการใช้แอลกอฮอล์ถูมือ พบว่าการทำความสะอาดมือช่วยลดเชื้อจุลชีพบนมือได้

ช่วยลดการแพร่กระจายเชื้อดื้อยา จึงเป็นที่ยอมรับว่าการทำความสะอาดมือมีประสิทธิภาพในการป้องกันเชื้อ และแพร่กระจายเชื้อ

บุคลากรห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์ควรทำความสะอาดมือเมื่อทำกิจกรรม ดังนี้

1. หลังสัมผัสกับสิ่งที่อาจปนเปื้อนเชื้อจุลชีพ 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

- การล้างมือด้วยน้ำกับสบู่ธรรมดา (plain/non – antimicrobial soap) ช่วยขจัดสิ่งสกปรก ฝุ่นละออง เหงื่อไคล ไขมัน และจุลชีพออกจากมือ การล้างมือด้วยสบู่และน้ำใช้ในการทำความสะอาดมือกรณีหลังถอดถุงมือ ก่อนและหลังการสัมผัสผิวหนังผู้ป่วยปกติที่ไม่มีการปนเปื้อนสารที่มีการปนเปื้อนจุลชีพ เป็นต้น

- การล้างมือด้วยน้ำกับสบู่ผสมยาฆ่าเชื้อ (antiseptic soaps) เช่น 7.5% povidone-iodine, 4% chlorhexidine gluconate, triclosan เป็นต้น น้ำยาฆ่าเชื้อเหล่านี้มีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ฆ่าจุลชีพได้ต่างกัน เช่น แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อได้เร็ว ส่วน chlorhexidine gluconate ออกฤทธิ์ได้เร็วและนานกว่า povidone iodine สำหรับการล้างมือด้วยน้ำกับสบู่ผสมยาฆ่าเชื้อจะช่วยขจัดสิ่งสกปรกและจุลชีพออกจากมือ ซึ่งสามารถขจัดได้ทั้งจุลชีพที่อาศัยอยู่ชั่วคราวและจุลชีพประจำถิ่นได้มากกว่าสบู่ธรรมดา จึงใช้สำหรับการทำความสะอาดมือกรณีก่อนการสอดใส่อุปกรณ์ทางการแพทย์เข้าร่างกายผู้ป่วย ก่อนการสัมผัสผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ เป็นต้น

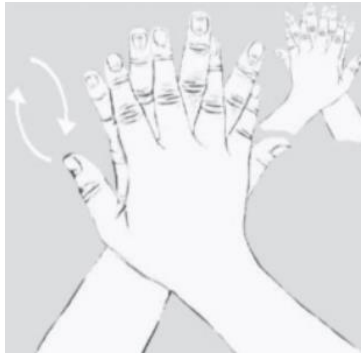
ในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพควรมีอ่างล้างมือและอุปกรณ์การล้างมือพร้อมใช้ ผ้าเช็ดมือควรใช้ผ้าที่สะอาดและแห้ง ควรใช้เป็นผ้าที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งหรือนำกลับไปซักใหม่ หรืออาจใช้กระดาษเช็ดมือแทนได้ นอกจากนี้ก่อนการล้างมือต้องถอดแหวน หรือเครื่องประดับอื่นที่ใส่นิ้วมือออก เพื่อให้ทำความสะอาดได้ทั่วถึง เปิดน้ำราดให้ท่วมมือ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



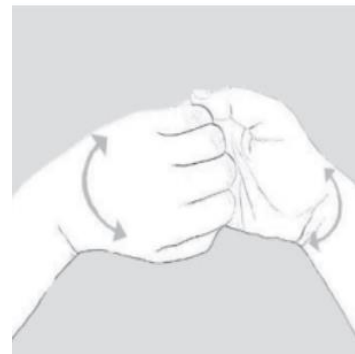
ฟอกฝ่ามือ



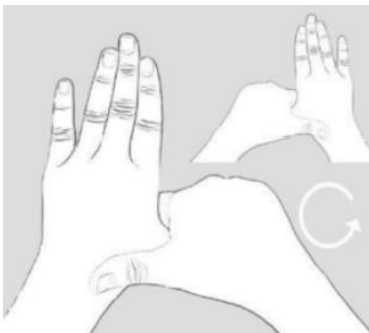
ฟอกง่ามนิ้วมือด้านหน้า



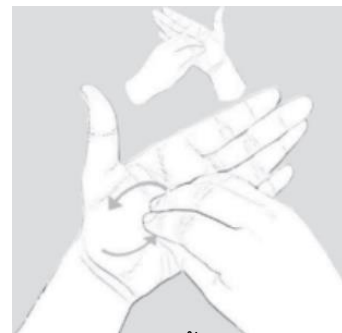
ฟอกหลังมือและง่ามนิ้วมือด้านหลัง



ฟอกนิ้วและข้อนิ้วมือด้านหลัง



ฟอกนิ้วหัวแม่มือ



ฟอกปลายนิ้วและเล็บ



ฟอกรอบข้อมือ

ที่มา: คู่มือปฏิบัติการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล

หลังจากนั้นล้างคราบสบู่ออกให้หมดด้วยน้ำสะอาด เช็ดมือให้แห้งด้วยผ้าหรือกระดาษสะอาด แล้วให้ผ้าหรือกระดาษเช็ดมือนั้นปิดก๊อกน้ำ (หากก๊อกน้ำเป็นชนิดที่ต้องใช้มือปิด) เพื่อลดโอกาสการปนเปื้อนจุลชีพของมือจากการสัมผัสก๊อกน้ำ

ข้อควรระวังในการล้างมือ คือ ต้องล้างมือให้ทั่วทุกส่วนและใช้เวลานานอย่างน้อย 20 วินาที เพื่อขจัดสิ่งสกปรกและจุลชีพออกจากมือให้ได้มากที่สุด ยิ่งใช้เวลานานยิ่งขจัดจุลชีพออกได้มากขึ้น

2. การถูมือด้วยแอลกอฮอล์ (alcohol – based hand rubs) เพื่อลดเวลาและการใช้น้ำในการทำความสะอาดมือ รวมถึงในกรณีที่ไม่มีอ่างล้างมือ จึงได้มีการนำเอาการทำความสะอาดมือด้วยวิธีการถูมือด้วยแอลกอฮอล์มาใช้

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

ข้อเสียของแอลกอฮอล์คือ ทำให้ผิวแห้ง จึงมีการผสมสารเพิ่มความชุ่มชื้นกับผิวหนัง ข้อดี คือ ออกฤทธิ์เร็ว ใช้เวลาน้อยกว่าการล้างมือด้วยน้ำและสบู่ ไม่จำเป็นต้องใช้อ่างล้างมือ และผ้าเช็ดมือ

อย่างไรก็ตาม การทำความสะอาดมือด้วยแอลกอฮอล์ควรใช้ในกรณีที่มือไม่ได้เปื้อนสิ่งสกปรกตัวอย่างสิ่งส่งตรวจ เช่น เลือด หรือสารคัดหลั่ง อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากแอลกอฮอล์จะเสื่อมสภาพเมื่อสัมผัสกับสิ่งสกปรก ประสิทธิภาพของแอลกอฮอล์ขึ้นกับหลายปัจจัย ได้แก่ ปริมาณที่ใช้ ความเข้มข้น ระยะเวลาที่สัมผัสกับแอลกอฮอล์ และใช้ในขณะมือเปียกหรือไม่ การใช้แอลกอฮอล์ทำความสะอาดมือควรใช้ในปริมาณ 3-5 มิลลิลิตร ใส่ฝ่ามือแล้วลูบถูให้ทั่วฝ่ามือ หลังมือและนิ้วมือ จนกระทั่งแอลกอฮอล์ระเหยจนแห้ง ซึ่งใช้เวลาประมาณ 20-30 วินาที

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

ในกรณีที่ ห้องปฏิบัติการมีการทำงานที่มีความเสี่ยงเกี่ยวกับสปอร์ของแบคทีเรีย 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 ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงจึงทำให้ทราบได้ว่าในกระบวนการทำงานนั้น มีความเสี่ยงต่อผู้ปฏิบัติงานมากน้อยเพียงใดตามลักษณะงานในหน่วยงานและนำมาตรการควบคุมมาใช้เพื่อป้องกันอันตรายเหล่านั้น โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงาน ชุมชน และสิ่งแวดล้อมมีความปลอดภัย

ในบทนี้จะอธิบายการบริหารจัดการความเสี่ยงทางชีวภาพ (biorisk management) ซึ่งมีนิยามที่ควรทราบดังนี้

1. hazard หมายถึงวัตถุสิ่งของหรือสิ่งมีชีวิตที่ทำให้เกิดอันตรายได้ภายใต้สภาวะหนึ่งที่เหมาะสมเช่น จุลชีพก่อโรค สารชีวภาพอันตรายสิ่งส่งตรวจจากผู้ป่วยสารเคมี สัตว์ทดลอง บุคลากร และเครื่องมือเครื่องใช้
2. threat หมายถึงบุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่มีเป้าประสงค์จะทำให้เกิดอันตรายและมีศักยภาพที่จะทำอันตรายต่อบุคคลอื่นหรือต่อสังคม
3. likelihood หมายถึงโอกาสหรือความถี่ที่จะเกิดอันตรายหรือบาดเจ็บจาก hazard หรือ threat
4. consequence หมายถึง ผลกระทบด้านลบที่เกิดจากการได้รับอันตรายหรือบาดเจ็บจาก hazard หรือ threat
5. 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

ปัจจัยประกอบการพิจารณา มีดังนี้

1. คุณสมบัติของจุลชีพก่อโรค หรือ สารชีวภาพอันตราย เช่น ระดับความรุนแรงของเชื้อ การแพร่กระจาย ความสามารถในการก่อโรค เป็นต้น จุลชีพก่อโรคที่อยู่ในกลุ่มความเสี่ยง (risk group) สูงจะมีผลกระทบหรือความรุนแรงมากกว่าจุลชีพก่อโรคที่อยู่ในกลุ่มความเสี่ยงต่ำกว่า
2. บุคลากรผู้ปฏิบัติงานเช่น 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

นอกจากนี้การได้มาของความเสี่ยงอาจนำมาจากข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุ/อุบัติการณ์ที่ผ่านมา รวมถึงข้อมูลจากเอกสารเช่น 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

- ความเสี่ยง (risk) เกิดขึ้นเมื่ออยู่ร่วมกับสิ่งที่เป็นอันตรายในสภาพแวดล้อมหรือสถานการณ์ที่เฉพาะเจาะจงในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง เช่น ผู้ปฏิบัติงานมีความเสี่ยง (risk) ต่อการติดเชื้อในห้องปฏิบัติการ เมื่อสัมผัสกับสิ่งปนเปื้อนจุลชีพที่หกหรือกระเด็นอยู่บนโต๊ะ หรือมีความเสี่ยงต่อการถูกเข็มเจาะเลือดใช้แล้วตำน้ำจากการปฏิบัติงานไม่ถูกต้องหรือขั้นตอนการทิ้งที่ไม่ถูกต้อง ในขณะที่เดียวกันความรุนแรงของความเสี่ยงกรณีดังกล่าวขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของจุลชีพ หากเป็นจุลชีพที่อยู่ในกลุ่มความเสี่ยง (risk group) สูงผลกระทบหรือความรุนแรงย่อมมากกว่าจุลชีพที่อยู่ในกลุ่มความเสี่ยงต่ำกว่า

- โอกาสหรือความเป็นไปได้ (likelihood) อาจประเมินได้จากความถี่ของการปฏิบัติงานกับhazard เช่น จำนวนความถี่ในการตรวจยืนยันเชื้อ *Mycobacterium tuberculosis* ต่อหนึ่งสัปดาห์ เวลาที่ใช้ในแต่ละครั้ง ยิ่งทำบ่อยครั้งและใช้เวลานานมาก โอกาสเสี่ยงยิ่งสูง เป็นต้นผู้ประเมินอาจประเมินโอกาสจากน้อยไปมากด้วยการกำหนดค่าเป็นตัวเลขเช่น หากกำหนดเป็น 3 ระดับคือ ต่ำ ปานกลาง สูง อาจแปลงเป็นตัวเลข 1 2 และ 3 ทั้งนี้การแบ่งระดับขึ้นกับความต้องการของแต่ละหน่วยงาน

- ผลกระทบ (consequence) ประเมินจากความเสียหายหรือความเจ็บป่วยของผู้ปฏิบัติงาน หากผลกระทบนั้นส่งผลผู้ปฏิบัติงานไม่มากและสามารถกลับมาดำเนินชีวิตเป็นปกติได้ก็ย่อมมีความรุนแรงน้อยกว่าผลกระทบที่ทำให้ผู้ปฏิบัติการไม่สามารถกลับมาใช้ชีวิตดังปกติหรือใช้เวลาในการรักษานานทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูงผู้ประเมินอาจประเมินผลกระทบจากน้อยไปมากด้วยการกำหนดค่าเป็นตัวเลข เช่น หากแบ่งเป็น 3 ระดับคือ ต่ำ ปานกลาง สูง อาจแปลงเป็นตัวเลข 1 2 และ 3 ทั้งนี้การแบ่งระดับขึ้นกับความต้องการของแต่ละหน่วยงาน

4. หากผลการประเมินความเสี่ยงจากข้อ 3 พบว่าความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (acceptable risk) ให้ดำเนินการต่อโดยมีการควบคุมอย่างต่อเนื่องเพื่อลดระดับความเสี่ยงนั้นให้มากที่สุด

5. ถ้าผลการประเมินความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ยอมรับไม่ได้ ให้จัดทำแผนลดความเสี่ยง ดำเนินการลดความเสี่ยง และประเมินผล หากยังไม่สามารถลดความเสี่ยงได้ควรพิจารณาเปลี่ยนเทคนิควิธีการปฏิบัติงาน (substitution) เพื่อลดความเสี่ยง หากไม่สามารถหาวิธีการปฏิบัติงานทดแทนได้ อาจจำเป็นต้องพิจารณายกเลิกการปฏิบัติงานนั้นหรือส่งต่อห้องปฏิบัติการที่มีความพร้อมมากกว่า (elimination)

6. นำผลการประเมินความเสี่ยงมาจัดลำดับความสำคัญในการดำเนินการแก้ไข

การควบคุมความเสี่ยง (mitigation)

หลังจากการประเมินความเสี่ยงและจัดลำดับในการดำเนินการแก้ไขจัดการควบคุมเพื่อให้ความเสี่ยงนั้นลดลงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ การจัดการควบคุมประกอบด้วย 4 ด้าน ดังนี้

1. การควบคุมด้านวิศวกรรม (engineering control) เป็นการควบคุมด้านกายภาพซึ่งหมายถึงโครงสร้างอาคารหรือห้องปฏิบัติการที่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมกับระดับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ เพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานกับจุลชีพก่อโรครวมทั้งมีมาตรการในการควบคุมดูแลแตกต่างกันไปเช่น โรคติดเชื้อจากไวรัสโบล่าที่ต้องดำเนินการใน BSL 4 หรือ BSL3 แบบมีเงื่อนไข (ดูรายละเอียดในบทที่ 4ระดับความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาและการปฏิบัติงาน) นอกจากนี้การควบคุมทางวิศวกรรมยังรวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ เช่น ตู้ชีวนิรภัย ซึ่งต้องใช้ในการทำงานกับจุลชีพเพื่อกักกันไม่ให้เกิดการรั่วไหลระหว่างการทำงานจนเกิดอันตรายกับผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม (ดูรายละเอียดในบทที่ 8เครื่องมือที่มีผลกับความปลอดภัยทางชีวภาพ)การควบคุมทางวิศวกรรมนี้เป็นการควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด เปรียบเสมือนขณะเกิดอุบัติเหตุ ผู้ปฏิบัติงานนั่งอยู่ในรถยนต์ย่อมได้รับอันตรายน้อยกว่าอยู่บนรถจักรยานยนต์เนื่องจากมีโครงสร้างของตัวรถปกป้องอยู่

2. การควบคุมด้านบริหาร (administrative control) เป็นการควบคุมโดยอาศัยช่องทางในการบริหารจัดการ 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 ต้องมีการฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานให้ทราบถึงวิธีการทำงานที่ต้องปลอดภัยก่อนการปฏิบัติงาน และต้องการทบทวนความรู้เป็นประจำเช่นการถอดใส่อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยส่วนบุคคล การใช้งานตู้ชีววิทย้อย่างถูกต้องเหมาะสม เป็นต้น

4. อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (personnel protective equipment) เป็นการควบคุมโดยใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลซึ่งผู้ใช้ต้องทราบชนิดและคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่เลือกใช้เพื่อให้เหมาะสมกับงานหรือความเสี่ยงจากกิจกรรมที่ต้องปฏิบัติ

การทำให้ประสบผลสำเร็จ (performance)

เป็นขั้นตอนการควบคุมกำกับ ตรวจสอบ และ พัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อให้การควบคุมความเสี่ยงนั้นประสบความสำเร็จอย่างยั่งยืนหลังจากดำเนินการควบคุมความเสี่ยง (mitigation) ตามที่กล่าวข้างต้น จะต้องมีการควบคุมกำกับ ตรวจสอบ เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน

1. การควบคุม (control) หมายถึงวิธีการหรือกระบวนการในการควบคุมและกำกับดูแล ว่ามีการดำเนินการตามแผนการควบคุมความเสี่ยงครบถ้วน เช่น จัดทำขั้นตอนวิธีปฏิบัติและมอบหมายผู้รับผิดชอบในการติดตามผล เช่น การที่หัวหน้าห้องปฏิบัติการควบคุมให้ผู้ปฏิบัติงานดำเนินการตามมาตรฐานการปฏิบัติงานที่ใช้ในหน่วยงาน การจัดทำบัญชีจัดแจ้งเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ตามกฎหมายว่าด้วยเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ เป็นต้น

2. การทำให้เชื่อมั่น (assurance) หมายถึงกระบวนการตรวจสอบหรือตรวจติดตามเพื่อยืนยันว่าการควบคุมความเสี่ยงนั้นดำเนินการไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยปกติมักใช้การตรวจติดตามภายใน (internal audit) เพื่อดูว่าผู้ปฏิบัติงานยังคงปฏิบัติตามระเบียบหรือมาตรฐานการปฏิบัติงานหรือไม่ เช่น การตรวจสอบบันทึกการใช้งานเครื่องนั่งทำลายเชื้อการตรวจสอบบัญชีจัดแจ้งเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ 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 สารเคมีหรือส่วนผสมของสารเคมีที่มีฤทธิ์ฆ่าจุลชีพก่อโรคหรือเชื้อยกเว้นสปอร์ของเชื้อ หรือมีฤทธิ์ระงับเชื้อ ซึ่งจะระบุที่ฉลากของผลิตภัณฑ์ว่ามีฤทธิ์ระดับใดส่วนใหญ่ใช้กับสิ่งไม่มีชีวิตเท่านั้น มีฤทธิ์ระคายเคืองต่อผิวหนัง เนื้อเยื่อ และเยื่อเมือกของร่างกาย โดยทั่วไปมักใช้ในการฆ่าเชื้อโรคบนพื้นผิวของวัตถุ เช่น พื้นห้อง เครื่องมือ เครื่องใช้ เป็นต้น

สารเคมีหลายชนิดสามารถใช้เป็นน้ำยาฆ่าเชื้อโรคได้ ซึ่งมีขายอยู่จำนวนมากในลักษณะของสารประกอบต่างๆ ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังในการเลือกซื้อ เพื่อให้เหมาะสมกับเชื้อที่เราต้องการจัดการ โดยปัจจัยที่มีผลต่อการออกฤทธิ์ของน้ำยาฆ่าเชื้อ มีดังนี้

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

หลักทั่วไปในการเลือกใช้น้ำยาฆ่าเชื้อ มีดังนี้

1. วัตถุประสงค์ในการใช้ พิจารณาว่าต้องการใช้น้ำยาฆ่าเชื้อกับสิ่งที่ต้องการทำลายเชื้อประเภทใด และสิ่งเหล่านั้นมีเชื้ออะไรที่เกี่ยวข้อง
2. คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ทางชีววิทยาของน้ำยาฆ่าเชื้อนั้น ได้แก่ ความคงตัวของน้ำยา อายุของน้ำยาที่ใช้
3. ความปลอดภัยของผู้ใช้ คำนึงถึง การดูดซึมเข้ากระแสเลือด การระคายเคืองต่อผิวหนัง อาการแพ้ที่อาจเกิดขึ้น
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 ตามคู่มือสารเคมีแต่ละชนิดที่แนะนำไว้ในส่วนความปลอดภัยของผู้ใช้งาน แนะนำควรต้องใส่ถุงมือ ผ่ากันเปื้อน และเครื่องป้องกันตา เมื่อต้องใช้และเตรียมสารละลายสารเคมีสำหรับฆ่าเชื้อโรค

ประเภทของน้ำยาฆ่าเชื้อ

น้ำยาฆ่าเชื้อแบ่งเป็นประเภทตามความสามารถในการทำลายเชื้อได้ 3 ระดับ ดังนี้

1. **น้ำยาฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูง (high-level disinfectant)** คือสารเคมีที่สามารถฆ่าสปอร์ของแบคทีเรียและจุลชีพได้ทุกชนิด (ได้แก่ vegetative form สปอร์ของแบคทีเรีย มัยโคแบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส ทั้ง lipid และ non-lipid virus) จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นการทำให้ปลอดเชื้อ (sterilant) ในวัสดุหรือเครื่องมือที่ต้องการความปลอดภัยอย่างยิ่ง (critical items) ตัวอย่างของน้ำยาฆ่าเชื้อประเภทนี้ ได้แก่ 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 บลิตซ์ (Chlorinebleach)

เป็นสารเคมีที่มีสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (hypochlorite) ในรูปของเกลือโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) เตรียมได้จากการผ่านก๊าซคลอรีนลงในโซดาไฟ (NaOH) โดยโซเดียมไฮโปคลอไรท์เตรียมได้ในรูปของสารละลายเท่านั้น ไม่สามารถเตรียมได้ในสภาพของแข็งเนื่องด้วยไม่เสถียร หลังจากละลายน้ำแล้ว จะเกิดการแตกตัวของโมเลกุลและปลดปล่อยกรดไฮโปคลอรัส (HOCl) และออกซิเจน (O) ที่มีคุณสมบัติเป็นสารทำปฏิกิริยาออกซิไดซ์ที่รวดเร็ว (fast-acting oxidant) จากกลไกนี้ จึงทำให้เกิดฤทธิ์ฆ่าเชื้อที่มีฤทธิ์ในการกักกรองจัดเป็น intermediate-level disinfectant ไม่สามารถฆ่าสปอร์ แต่สามารถฆ่าเชื้อมัคโคแบคทีเรีย แบคทีเรีย ราไวรัส HBV HIV ได้ดี โดยเป็นสารเคมีที่มีช่วงความสามารถในการฆ่าเชื้อได้หลายชนิด (broad-spectrum chemical) ในห้องตลาดมักขายอยู่ในรูปของน้ำยาฟอกผ้าขาวซึ่งสามารถใช้ละลายกับน้ำเพื่อใช้ในการฆ่าเชื้อโรค ที่ความเข้มข้นต่างๆ ขึ้นกับความเหมาะสมประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของสารเคมีชนิดนี้จะลดลงอย่างมาก หากในปฏิกิริยามีสารประกอบอินทรีย์จำพวกโปรตีน

ไม่แนะนำให้ใช้น้ำยาฟอกผ้าขาวในการทำมาสะอาดฆ่าเชื้อโรคบริเวณผิวหนัง แต่อาจใช้ในการฆ่าเชื้อโรคทั่วไป และการแช่น้ำยา เพื่อลดการปนเปื้อนวัสดุที่ไม่ใช่โลหะ เนื่องจากคลอรีนมีสภาพความเป็นด่างสูง จึงมีฤทธิ์ในการกักกรองโลหะได้

ไม่ควรเก็บสารเคมีชนิดนี้ในภาชนะเปิด หรือในที่ที่มีอุณหภูมิสูง เนื่องจากสารเคมีจะมีการปล่อยก๊าซคลอรีนออกมา ซึ่งมีความเป็นพิษสูง จึงควรใช้ในที่ที่มีอากาศถ่ายเทดีเท่านั้น และไม่ควรผสมกับกรดเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซคลอรีน และเนื่องจากสารคลอรีนเป็นอันตรายทั้งมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงควรใช้น้ำยาฆ่าเชื้อโรคที่มีส่วนประกอบของสารคลอรีนเท่าที่จำเป็น โดยเฉพาะการใช้สารคลอรีนที่อยู่ในน้ำยาฟอกผ้าขาว ควรหลีกเลี่ยง

ข้อดี คือราคาถูก 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 virusได้ถึง 100% นอกจากนี้สามารถใช้ในการทำลายเชื้อในเครื่องมือที่ผ่านการใช้กับผู้ป่วยภายหลังทำความสะอาดและทำให้แห้งแล้ว ใช้เวลา 30 นาที สำหรับที่ความเข้มข้น 100 – 1,000 ppm สามารถใช้ทำความสะอาดพื้นผิวต่างๆ ไป

ข้อเสีย คือเป็นสารเคมีที่ไม่คงตัวทั้งในรูปของ liquid form และ solid form ดังนั้นต้องผสมน้ำยาใช้ใหม่ทุกวัน มีกลิ่นฉุน มีฤทธิ์กักกรองโลหะ ระคายเคืองเนื้อเยื่อผิวหนัง และระบบทางเดินหายใจ ดังนั้นในการเตรียมและการใช้งานต้องสวมถุงมือ หน้ากากอนามัย แวนตาป้องกันและเสื้อคลุม สารเคมีนี้จะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อสัมผัสกับสารอินทรีย์ เช่น เลือด น้ำเหลือง น้ำหนอง จึงควรทำความสะอาดเครื่องมือก่อนฆ่าเชื้อ

นอกจากนี้เมื่อทำปฏิกิริยากับฟอร์มาลดีไฮด์จะให้สารก่อมะเร็ง และสามารถทำลายสภาพผ้าใยพลาสติกได้ทำให้เกิดการแพ้ได้

ตารางที่ 11 ตัวอย่างการเจือจางโซเดียมไฮโปคลอไรท์

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

2. คลอรีนไดออกไซด์ (chlorine dioxide)

คลอรีนไดออกไซด์ (ClO₂) อยู่ในสถานะก๊าซควบแน่นที่อุณหภูมิ 11 องศาเซลเซียส เป็นสารเคมีที่จัดเป็น high-level disinfectant มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคที่แรง รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ การฆ่าเชื้อโรคด้วยก๊าซคลอรีน หรือเรียกว่า คลอรีเนชัน (Chlorination) เป็นวิธีที่แพร่หลายมากกว่าวิธีอื่น เพราะมีประสิทธิภาพดี ควบคุมระบบง่าย

คลอรีนไดออกไซด์ ฆ่าเชื้อโรคโดยการทำลายเอนไซม์ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการเจริญเติบโตของเซลล์สิ่งมีชีวิต โดยมีคุณสมบัติเป็นสารออกซิไดซิงจึงทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบของเซลล์จุลชีพโดยการดึงอิเล็กตรอนออกมาทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ขาดเสถียรภาพและทำให้เซลล์แตกในที่สุด ClO₂ ยังสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนของเซลล์ได้หลายชนิดทำให้ยากต่อการที่จุลชีพจะเกิดการกลายพันธุ์แล้วอยู่ในรูปที่ต้านทานต่อ ClO₂ ได้ นอกจากนี้ ClO₂ ยังสามารถฆ่าแบคทีเรียที่อยู่ในรูป endospore ได้ โดย ClO₂ สามารถซึมผ่านส่วนห่อหุ้มสปอร์เข้าไปทำลายส่วนประกอบภายในได้

ClO₂ ถึงแม้จะมีคลอรีน (Cl) เป็นส่วนประกอบ แต่คุณสมบัติกลับแตกต่างจาก Cl เนื่องจาก ClO₂ ไม่ทำปฏิกิริยากับสารประกอบ เช่น แอมโมเนีย หรือสารประกอบอินทรีย์ ทำให้ไม่ก่อสารประกอบอินทรีย์ข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ของคลอรีน (chlorinated organic compounds) ซึ่งสารเหล่านี้มักเป็นสารก่อมะเร็งที่รุนแรงชนิดหนึ่ง และเนื่องจากก๊าซคลอรีนไดออกไซด์มีค่า oxidation/reduction potential ต่ำกว่าสารฆ่าเชื้อชนิดอื่นๆ เช่น โอโซน (O₃) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือโซเดียมไฮโปคลอไรท์มีฤทธิ์กัดกร่อนน้อยกว่า จึงปลอดภัยเมื่อใช้งานในห้องที่มีอุปกรณ์หรือเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

3. โซเดียมไดคลอโรไอโซไซยาเนต (sodium dichloroisocyanurate)

โซเดียมไดคลอโรไอโซไซยาเนต (NaDCC) เป็นสารประกอบคลอรีนที่พัฒนาล่าสุด ให้มีความคงตัวสูง เก็บรักษาได้นาน 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 อยู่ในรูปผงแห้ง หรือ เม็ดทำให้เก็บรักษาได้ง่ายและปลอดภัย สามารถออกฤทธิ์ได้ดีกว่าคลอรีนชนิดไฮโปคลอไรท์ 2-10 เท่า จึงใช้น้อยแต่สามารถฆ่าเชื้อได้ดี สามารถสลายตัวได้เร็ว และมีฤทธิ์กัดกร่อนน้อยกว่าคลอรีนชนิดอื่น สารละลายนี้สามารถใช้งานทำความสะอาดฆ่าเชื้อโรค กรณีเกิดการเกิดการหกกระเด็นของเลือด และของเหลวปนเปื้อนสารชีวภาพอันตรายอื่น โดยต้องทิ้งให้น้ำยาทำงานอย่างน้อย 10 นาที ก่อนเช็ดทำความสะอาด

4. คลอรามิน (Chloramines)

สารคลอรามิน (NH_2Cl) ส่วนใหญ่อยู่รูปผงแห้งประกอบด้วยคลอรีน 25% สารคลอรามิน มีอัตราการปล่อยก๊าซคลอรีนช้ากว่าไฮโปคลอไรท์ ดังนั้นจึงต้องใช้ความเข้มข้นสูงกว่าเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพเท่ากับไฮโปคลอไรท์แต่สารประกอบอินทรีย์ไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของสารละลายคลอรามิน ความเข้มข้นที่ควรใช้สำหรับการฆ่าเชื้อโรคทั้งสถานการณ์ที่สะอาดและสกปรกคือ 20 กรัม/ ลิตร

สารละลายคลอรามินเป็นสารที่ไม่สีไม่มีกลิ่น แต่อย่างไรก็ตามหลังจากการแช่วัตถุเพื่อลดการปนเปื้อนในน้ำยาฆ่าเชื้อโรคประเภทนี้ ต้องล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง เนื่องจากมักมีคราบลักษณะคล้ายผงแห้งหลงเหลืออยู่ซึ่งผงแห้งที่พบ คือโซเดียมโทซิลคลอไรด์

5. ฟอรัมาลดีไฮด์ (formaldehyde)

ฟอรัมาลดีไฮด์ (HCHO) เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิด รวมทั้งสปอร์ ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส แต่ไม่สามารถทำลาย prion ได้ จัดเป็น high-level disinfectant ที่ทำปฏิกิริยาก่อนข้างช้าและต้องการความชื้น 70% ในการทำปฏิกิริยา

มีขายในท้องตลาดในรูปแบบเกล็ดและเม็ดของสารพาราฟอรัมาลดีไฮด์ (paraformaldehyde) หรือ ฟอรัมาลีน ซึ่งเป็นสารละลายก๊าซ 37% ในน้ำ สารเคมีทั้งสองชนิดเมื่อได้รับความร้อนจะปล่อยก๊าซฟอรัมาลดีไฮด์ออกมา ซึ่งสามารถใช้ในการลดการปนเปื้อนหรือฆ่าเชื้อโรคในที่ที่เป็นระบบปิด เช่น ห้อง หรือตู้ชีวนิรภัย นอกจากนี้สารละลาย 5% ของฟอรัมาลีนในน้ำ สามารถใช้เป็นน้ำยาฆ่าเชื้อโรคได้ มีประสิทธิภาพดี แต่เป็นสารก่อมะเร็งในคน

สารฟอรัมาลดีไฮด์อาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ จึงจัดเป็นสารเคมีที่มีอันตรายเป็นก๊าซที่มีกลิ่นเหม็นสามารถทำให้เกิดการระคายเคืองทั้งตาและเยื่อหู ดังนั้นจึงควรจัดเก็บและใช้ในตู้ดูดควัน 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 และมีความสามารถในการทำปฏิกิริยาได้เร็วกว่าสารฟอर्मาลดีไฮด์มีฤทธิ์ฆ่าสปอร์มากกว่าฟอर्मาลดีไฮด์ 2-8 เท่า แต่มีข้อจำกัด คือต้องใช้เวลาในการฆ่าสปอร์นานกว่า สามารถทำลาย vegetative cell ของแบคทีเรียได้ภายใน 5 นาที ฆ่าไวรัสตับอักเสบบและเอชไอวี ได้ภายใน 15-30 นาที การฆ่าเชื้อวัณโรคจะฆ่าได้ช้าและมีฤทธิ์ฆ่าวัณโรคได้น้อยกว่าฟอर्मาลดีไฮด์ไอโอดีนและแอลกอฮอล์ 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 และไม่ควรถูกใช้เป็นน้ำยาฆ่าเชื้อสำหรับสเปรย์ทำความสะอาดลดการปนเปื้อนพื้นผิวของสิ่งแวดล้อม ไม่ทำลายเนื้อพลาสติกและเลนส์มีฤทธิ์กัดกร่อนโลหะต่ำ จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการทำให้วัตถุที่ไม่สามารถทนความร้อนได้ปลอดเชื้ออสุกักอยู่ที่ยังเมื่อมีสิ่งสกปรกปะปนอยู่มาก

ข้อเสีย คือมีราคาแพง มีกลิ่นฉุนระคายเคือง ก่อนใช้น้ำยาต้องล้างสารอินทรีย์ออกให้หมด หลังใช้น้ำยาต้องล้างออกให้หมดด้วยน้ำกลั่น และเช็ดให้แห้งต้องระมัดระวังเรื่องวันหมดอายุ ต้องสวมถุงมือ หน้ากากอนามัยทุกครั้งที่ใช้ น้ำยานี้ บริเวณที่ใช้ต้องมีอากาศถ่ายเทสะดวก เพราะเป็นสารเคมีที่ระเหยได้น้ำยาจะมีประสิทธิภาพอยู่ได้ประมาณ 28 วัน

7. สารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียม (quaternary ammonium compounds)

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

มีคุณสมบัติในการลดแรงตึงผิว ช่วยในการทำความสะอาด 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 และไวรัสตับอักเสบดี ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อลดลงจากเดิมครึ่งหนึ่ง ไม่มีสารตกค้างที่พื้นผิว เมื่อเจือจางแล้วไม่ระคายเคืองผิวหนังและเนื้อเยื่อ ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ไม่มีฤทธิ์กัดกร่อนทุกพื้นผิว เช่น โลหะ แก้ว พลาสติก ไม่มีกลิ่นเหม็น ประสิทธิภาพไม่ลดลงเมื่อสัมผัสกับสารอินทรีย์ มีความคงตัวแม้อยู่ในสภาวะที่เป็นกรดหรือด่าง ไม่มีผลกระทบต่อระบบบำบัดน้ำเสีย และไม่ก่อให้เกิดสารตกค้างที่ไม่ย่อยสลายในสิ่งแวดล้อม

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

8. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H₂O₂)

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H₂O₂) และเปอร์ออกไซด์ (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 และเปอร์ออกไซด์มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนโลหะ เช่น อลูมิเนียม ทองแดง ทองเหลือง และสังกะสี สามารถขจัดสีจากเสื้อผ้า เส้นผม ผิวหนังและเยื่อปูด ควรจัดเก็บสารชนิดนี้ให้ห่างจากความร้อนและแสงสว่าง

9. ไอโอดีน และ ไอโอดิฟอร์ม (iodine and iodophors)

จัดเป็นสารเคมีที่ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อระดับต่ำถึงปานกลาง (low level – intermediated level disinfectant) ถ้าอยู่ในรูปทิงเจอร์จะเป็น low-level disinfectant แต่ถ้าอยู่ในรูปโพวิโดน-ไอโอดีน

(povidone-iodine) จะเป็น intermediated-level disinfectant สามารถฆ่าจุลชีพได้หลายชนิดรวมทั้งมัยโคแบคทีเรีย ออกฤทธิ์ในการฆ่าจุลชีพโดย free iodine ผ่านผนังเซลล์ไปทำลายโปรตีนและทำลายขบวนการสร้าง กรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ของจุลชีพอย่างรวดเร็ว ประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อขึ้นอยู่กับปริมาณ free iodine ซึ่งเกิดจากการเจือจางน้ำยาอย่างถูกต้องตามข้อกำหนดของบริษัทผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด การทำงานของสารชนิดนี้เหมือนกับการทำงานของสารคลอรีน ถึงแม้ว่าอาจถูกยับยั้งโดยสารอินทรีย์ได้น้อยกว่าโดยทั่วไปไม่นิยมใช้ไอโอดีนในการฆ่าเชื้อโรค เนื่องจากเป็นสารที่สามารถทำให้เปราะเปื้อนเสื้อผ้า และสิ่งแวดล้อมได้ อย่างไรก็ตามไอโอดีนฟออร์ และทิงเจอร์ไอโอดีน จัดเป็นสารที่มีประสิทธิภาพสำหรับการยับยั้งเชื้อ โดยใช้ทำความสะอาดบริเวณผิวหนังได้เป็นอย่างดี (antiseptic) ใช้ฆ่าเชื้อบนพื้นผิว วัสดุพื้นพิมพ์ปาก หรือ ฟันปลอม และใช้เป็นน้ำยาแช่เครื่องมือก่อนล้าง ต้องใช้เวลาสัมผัสน้ำยาอย่างน้อย 10 นาที จึงจะมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อสารอินทรีย์จะทำให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อลดลง มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนพื้นผิวโลหะ และติดสี เกิดสารตกค้างหากใช้เป็นเวลานาน

การเตรียมน้ำยาต้องใช้น้ำกลั่นในการเจือจาง หากเป็นน้ำกระด้างน้ำยาจะหมดประสิทธิภาพ ภาชนะที่บรรจุต้องป้องกันแสงมีฝาปิดสนิท อายุการใช้งานในภาชนะที่เปิดใช้บ่อยไม่ควรใช้เกิน 7 วัน ในกรณีใช้เพื่อฆ่าเชื้อมัยโคแบคทีเรียต้องผสมน้ำยาใหม่ทุกวัน เนื่องจากประสิทธิภาพจะลดลงหลังจากผสมแล้ว 24 ชั่วโมง

ผลิตภัณฑ์ที่มีสารไอโอดีนเป็นส่วนประกอบพื้นฐานควรจัดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียสเพื่อหลีกเลี่ยงการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

10. แอลกอฮอล์ (alcohols)

เอทานอล (ethyl alcohol; C_2H_5OH) และ ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (isopropyl alcohol; $(CH_3)_2CHOH$) เป็นสารที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคเหมือนกัน ต่างกันที่ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรคได้สูงกว่าเอทานอล แต่ระเหยช้ากว่าทำให้ผิวแห้งและระคายเคืองผิวมากกว่า ทั้งสองชนิดจัดเป็น intermediate level disinfectant โดยสามารถทำลายแบคทีเรีย รา มัยโคแบคทีเรีย และไวรัสชนิด lipid แต่ไม่สามารถทำลายสปอร์และจุลชีพกลุ่มไวรัสชนิด non-lipid และสปอร์ของแบคทีเรีย เนื่องจากระเหยเร็ว ทำให้มีประสิทธิภาพที่จำกัด แอลกอฮอล์ออกฤทธิ์โดยการตกตะกอนโปรตีนและละลายไขมันที่เยื่อหุ้มเซลล์ ความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพในการทำละลายได้สูงสุด คือ แอลกอฮอล์ 70% โดยละลายในน้ำ เพราะมีปริมาณแอลกอฮอล์น้อยที่สุดที่จะได้ผลดีที่สุด และมีปริมาณน้ำที่พอเหมาะที่จะทำให้ผิวหนังเปียกได้ดี ช่วยให้แอลกอฮอล์แทรกซึมกระจายตัวได้ดีและระเหยช้าไม่เป็นอันตรายต่อผิวหนังมาก 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 นอกจากนี้

สามารถใช้กับพื้นผิวโต๊ะปฏิบัติการและตู้ชีววินัย แช่ฆ่าเชื้อเครื่องผ่าตัดชิ้นเล็กมักนิยมใช้เป็นส่วนผสมของครีมบำรุงผิวและใช้ทำความสะอาดมือในกรณีที่ไม่สามารถล้างมือได้ ไม่เหลือสิ่งตกค้างหลังปฏิบัติกริยา สามารถทำให้พลาสติก ยาง ชุ่นหรือเสื่อมสภาพ ดังนั้นจึงไม่ควรใช้เช็ดหรือแช่เครื่องมือที่มีส่วนประกอบของยาง พลาสติก เครื่องมือที่ประกอบด้วยเลนส์ เพราะจะทำให้ละลายที่ยึดเลนส์ ถ้าแช่เครื่องมือโลหะไว้เกิน 8 ชั่วโมง ต้องเติมโซเดียมไนไตรท์ 0.2-0.4% เพื่อป้องกันสนิม และใช้ร่วมกับสารฆ่าเชื้ออื่นเช่น เซฟลอนกับแอลกอฮอล์ 70% ในอัตราส่วน 1:30 สามารถใช้ในการแช่เครื่องมือกรณีที่ต้องการฆ่าเชื้อแบบเร่งด่วน 2-5 นาที

ข้อเสีย คือประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อสัมผัสสารอินทรีย์ เนื่องจากแอลกอฮอล์ไม่ละลายโปรตีนในเลือดหรือน้ำลาย

แอลกอฮอล์มีคุณสมบัติเป็นสารระเหยและไวไฟ จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้ใกล้เปลวไฟ จัดเก็บในที่ที่เหมาะสม ภาชนะปิดมิดชิด และควรติดฉลากให้ชัดเจน อายุการใช้งานถ้าผสมเป็นแอลกอฮอล์ 70% บรรจุในภาชนะปิดมิดชิดไม่ได้เปิดใช้จะมีอายุสั้น ถ้าเปิดใช้บ่อยไม่ควรใช้เกิน 7 วัน และควรเปลี่ยนน้ำยาทุกครั้งเมื่อชุ่นหากเปิดใช้งานแอลกอฮอล์ 70% ที่เก็บในภาชนะปิดสนิทปริมาตรไม่เกิน 60 มิลลิลิตรและปริมาตรไม่เกิน 250 มิลลิลิตรสามารถเก็บไว้ได้นาน 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 ลิตรจากภาชนะบรรจุซึ่งมีความเข้มข้น 95% จะต้องทำอะไร?

1. ดูความเข้มข้นตั้งต้นของแอลกอฮอล์ข้างภาชนะบรรจุที่มาจากโรงงานผู้ผลิต ว่ามีส่วนประกอบของแอลกอฮอล์ เท่าไหร่

ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ ที่ระบุบนภาชนะบรรจุจากโรงงานคือ 95% (95 ดีกรี)

จากสูตร $M_1V_1 = M_2V_2$

$$V_1 = M_2 V_2 / M_1$$

เมื่อ $M_1 = 95\%$ (ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ตั้งต้น ที่ระบุข้างภาชนะ)

$$M_2 = 70\%$$
 (ความเข้มข้นที่ต้องการใช้ในการฆ่าเชื้อ)

$$V_2 = 1,000 \text{ มิลลิตร (ปริมาตรที่ต้องการใช้)}$$

$$V_1 = (70\%)(1,000) / (95\%)$$

$$= 736.8 \text{ มิลลิตร}$$

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

บทที่ 12

การขนส่งสารชีวภาพอันตราย (Infectious Substances Transportation)

การขนส่งสารชีวภาพอันตราย ซึ่งรวมถึงจุลชีพก่อโรค และสารชีวภาพอื่น เช่น วัสดุตัวอย่างที่คาดว่าจะมีการปนเปื้อนด้วยจุลชีพก่อโรคหรือสารชีวภาพอันตรายเป็นกระบวนการที่สำคัญ 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

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

- **ภาชนะชั้นกลาง** ต้องมีความคงทนไม่แตกง่าย และสามารถป้องกันน้ำและของเหลวซึมผ่านได้ เช่น ถังพลาสติกซีปล็อก หรือกล่องพลาสติกที่มีฝาปิดสนิท

- กรณีสารชีวภาพที่ส่งเป็นของเหลว ต้องมีวัสดุดูดซับของเหลวพันรอบภาชนะชั้นใน หรือใส่วัสดุดูดซับในระหว่างภาชนะชั้นในและชั้นกลาง วัสดุดูดซับของเหลวที่ใช้ต้องมีเพียงพอที่จะสามารถดูดซับของเหลวจากภาชนะชั้นในทั้งหมดได้หากภาชนะชั้นในแตกหรือรั่ว
- กรณีภาชนะชั้นในเป็นหลอดแก้ว และมีจำนวนมากกว่า 1 หลอด ใส่ในภาชนะชั้นกลางเดียวกัน ควรมีฐานช่องวางหลอดภาชนะชั้นแรก (rack) หรือพื้นหลอดแก้ว

ภาชนะชั้นในด้วยวัสดุกันกระแทกเพื่อป้องกันการแตกหักจากการกระทบกระแทก ระหว่างหลอดแก้ว ก่อนบรรจุในภาชนะชั้นกลาง

- กรณีขนส่งแผ่นแก้วสไลด์ตัวอย่าง ภาชนะชั้นกลางต้องเป็นชนิดที่มีความคงทนต่อการเจาะทะลุที่มแรงได้ด้วย

- **ภาชนะชั้นนอก** ต้องทำด้วยวัสดุที่คงทนแข็งแรงต่อการกระทบกระเทือน มีฝาปิดสนิท มิดชิดและสามารถป้องกันการรั่วไหลของของเหลว หากการขนส่งสารชีวภาพต้องมีการควบคุมอุณหภูมิทำให้ใช้วัสดุควบคุมความเย็นที่เหมาะสม ด้านนอกภาชนะต้องติดเครื่องหมายชีวภัยสากล

2. การขนส่ง หากขนส่งโดยใช้รถเข็น ต้องขนส่งโดยใช้รถเข็นที่จัดไว้เฉพาะสำหรับการขนส่งสารชีวภาพอันตราย รถเข็นควรทำจากวัสดุที่สามารถทำความสะอาดฆ่าเชื้อด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อได้ง่าย มีฉากหรือที่กันรอบด้านเพื่อป้องกันการร่วงหล่นของสารชีวภาพระหว่างการขนส่ง

3. การดำเนินการอื่นที่จำเป็น ดังนี้

- **การแนบเอกสาร** การขนส่งจุลชีพก่อโรค ควรแนบเอกสารข้อมูลที่จำเป็น เช่น ข้อมูลความปลอดภัยของเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ ไปกับบรรจุภัณฑ์หรือผู้นำส่งเป็นผู้ถือเอกสารนำไปให้ผู้รับ

- **การนัดหมายในการรับสารชีวภาพ** ต้องมีการนัดหมายการขนส่งล่วงหน้าระหว่างผู้ส่งและผู้รับ ถึงรายละเอียดของตัวอย่างที่ขนส่ง ชื่อผู้นำส่ง ชื่อผู้รับ หมายเลขโทรศัพท์ที่ติดต่อได้ เวลาที่นำส่ง สถานที่ที่นำส่ง และมีการติดตามหลังการขนส่ง เพื่อให้แน่ใจว่าผู้รับได้รับสารชีวภาพเรียบร้อย ในสภาพที่เหมาะสม

- **การส่งมอบบรรจุภัณฑ์** ผู้ส่งต้องส่งสารชีวภาพให้กับผู้รับในสถานที่ และบริเวณที่กำหนดให้เป็นที่รับบรรจุภัณฑ์เท่านั้น ห้ามวางบรรจุภัณฑ์ทิ้งไว้โดยไม่มีผู้ดูแล หรือส่งมอบให้กับบุคคลอื่นที่ไม่ใช่ผู้รับหรือผู้แทนที่ได้รับมอบหมาย

การขนส่งสารชีวภาพอันตรายระหว่างหน่วยงาน

การขนส่งสารชีวภาพอันตรายต้องดำเนินการให้เกิดความปลอดภัยทั้งต่อผู้ขนส่ง วัสดุตัวอย่างสารชีวภาพ ผู้รับ และสิ่งแวดล้อม และต้องรักษาสภาพของสารชีวภาพให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม ทั้งนี้การขนส่งต้องเป็นไปตามเงื่อนไขของการขนส่งแต่ละประเภท ได้แก่ การขนส่งทางอากาศ การขนส่งทางไปรษณีย์ หรือการขนส่งทางบก

1. การบรรจุ ต้องบรรจุในภาชนะบรรจุ หรือบรรจุภัณฑ์ 3 ชั้น ซึ่งมีคุณสมบัติอย่างน้อยดังนี้

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

- **ภาชนะชั้นกลาง** ต้องมีความคงทนไม่แตกง่าย สามารถป้องกันน้ำและของเหลวซึมผ่านได้ เช่น ถุงพลาสติกซิปล็อค หรือกล่องพลาสติกฝาปิดสนิท

- กรณีส่งวัสดุสารชีวภาพที่เป็นของเหลว ต้องมีวัสดุดูดซับของเหลวพันรอบภาชนะชั้นในหรือใส่วัสดุดูดซับในระหว่างภาชนะชั้นในและชั้นกลาง วัสดุดูดซับของเหลวที่ใช้ต้องมีเพียงพอที่จะสามารถดูดซับของเหลวจากภาชนะชั้นในทั้งหมดได้หากภาชนะชั้นในแตกหรือรั่ว

- กรณีมีการขนส่งวัสดุสารชีวภาพในภาชนะชั้นในที่เป็นหลอดแก้วมากกว่า 1 หลอด ใส่รวมในภาชนะชั้นกลางเดียวกัน ควรมีฐานช่องวางหลอดภาชนะชั้นแรก (rack) หรือ ฟันหลอดแก้วภาชนะชั้นในด้วยวัสดุกันกระแทกเพื่อป้องกันการแตกหักจากการกระทบกระแทกระหว่างหลอดแก้ว ก่อนบรรจุในภาชนะชั้นกลาง

- กรณีการขนส่งแผ่นแก้วสไลด์ ภาชนะชั้นกลางต้องเป็นชนิดที่มีความคงทนต่อการเจาะทะลุที่มแทงได้ด้วย

- **ภาชนะชั้นนอก** ต้องทำด้วยวัสดุที่คงทนแข็งแรงต่อการกระทบกระเทือน มีฝาปิดสนิทมิดชิดและป้องกันการรั่วไหลของของเหลว หากการขนส่งสารชีวภาพต้องมีการควบคุมอุณหภูมิทำให้ใช้วัสดุควบคุมความเย็นที่เหมาะสม ด้านนอกภาชนะติดป้ายสัญลักษณ์ชีวภัยสากล

2. การดำเนินการอื่นที่จำเป็น ดังนี้

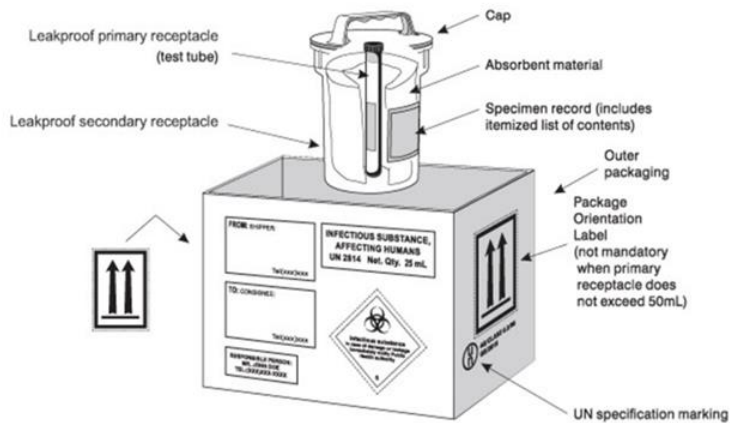
- **การแนบเอกสาร** การขนส่งจุลชีพก่อโรค ควรแนบเอกสารข้อมูลที่จำเป็น เช่น ข้อมูลความปลอดภัยของเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ ไปกับบรรจุภัณฑ์ หรือส่งเอกสารโดยตรงถึงผู้รับ

- **การนัดหมายในการรับสารชีวภาพ** ต้องมีการนัดหมายการขนส่งล่วงหน้าระหว่างผู้ส่งและผู้รับ ถึงรายละเอียดของตัวอย่างที่ขนส่ง ชื่อผู้นำส่ง ชื่อผู้รับ หมายเลขโทรศัพท์ที่ติดต่อได้ เวลาที่นำส่ง สถานที่ที่นำส่ง และมีการติดตามหลังการขนส่งว่าผู้รับได้รับบรรจุภัณฑ์ครบถูกต้อง

การขนส่งสารชีวภาพอันตรายไปต่างประเทศ

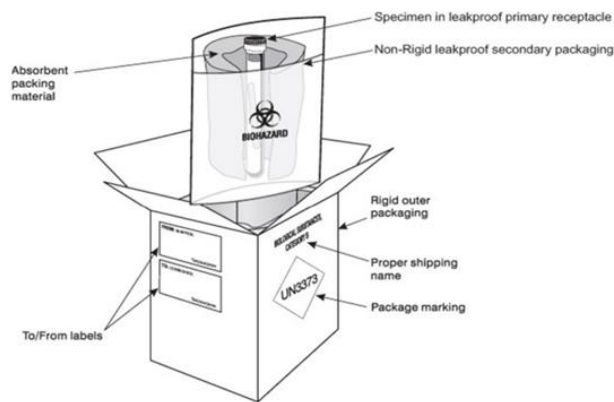
การขนส่งสารชีวภาพอันตรายไปต่างประเทศทางอากาศต้องปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติขององค์การการบินระหว่างประเทศ (International Air Transport Association; IATA) ซึ่งแบ่งชนิดของการขนส่งสารชีวภาพดังนี้

1. **การขนส่งวัตถุติดเชื้อ (infectious substances)** ซึ่งเป็นวัตถุที่สามารถก่อให้เกิดโรค ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการตาย ความพิการ หรือความเจ็บป่วยรุนแรงต่อผู้สัมผัสได้ ได้แก่ จุลชีพก่อโรคอันตราย ที่มีรายชื่อระบุในกลุ่ม Category A ใน Dangerous Good Regulation (DGR) กำหนดให้ต้องทำการส่งแบบ BIOLOGICAL, Category A ซึ่งแยกเป็น 2 ประเภท คือ UN2814 สำหรับจุลชีพก่อโรคได้ในคนและสัตว์ และ UN2900 สำหรับจุลชีพก่อโรคในสัตว์เท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 12.1



รูปที่ 12.1 การขนส่งสารชีวภาพอันตราย กลุ่ม Category A ทางอากาศตามระเบียบขององค์การการบินระหว่างประเทศ (International Air Transport Association; IATA)

2. การขนส่งวัตถุติดเชื้อหรือตัวอย่างสิ่งส่งตรวจจากผู้ป่วยที่คาดว่าจะมีการติดเชื้อก่อโรค ที่เกิดจากจุลชีพที่ไม่มีรายชื่อระบุในกลุ่ม BIOLOGICAL Category A ใน Dangerous Good Regulation (DGR) เป็นกลุ่ม Category B ทั้งที่เป็นตัวอย่างสิ่งส่งตรวจที่มีการตรวจยืนยันแล้วและยังไม่ได้ตรวจยืนยัน กำหนดให้ต้องทำการส่งแบบ BIOLOGICAL SUBSTANCES, CATEGORY B และติดฉลากข้างกล่องว่า UN 3373 ดังแสดงในรูปที่ 12.2



รูปที่ 12.2 การขนส่งสารชีวภาพอันตราย กลุ่ม Category B ทางอากาศตามระเบียบขององค์การการบินระหว่างประเทศ (International Air Transport Association; IATA)

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

บทที่ 13

การจัดการขยะติดเชื้อ (Infectious Waste Management)

ขั้นตอนหลักในการจัดการของเสียชีวภาพหรือเรียกว่าขยะติดเชื้อประกอบด้วย การคัดแยก การจัดเก็บรวบรวม การขนส่ง และการกำจัด โดยของเสียจากห้องปฏิบัติการมีทั้งที่เป็นของเสียทั่วไปและของเสียอันตราย ซึ่งต้องมีการคัดแยกออกจากกันสามารถจำแนกประเภทของขยะหรือของเสียได้ดังนี้

1. ขยะทั่วไป (general waste) หมายถึงขยะหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้วจากสำนักงาน ห้องพักเจ้าหน้าที่หรือบริเวณพื้นที่สาธารณะ ไม่ใช่ขยะที่ออกจากห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพทั้งงานตรวจวิเคราะห์และงานวิจัย และไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก เช่น เศษอาหาร น้ำ เครื่องดื่ม ใบไม้ เป็นต้น

2. ขยะติดเชื้อ (infectious waste) หมายถึงมูลฝอยที่มีจุลชีพก่อโรคปะปนอยู่ในปริมาณหรือความเข้มข้นซึ่งสามารถทำให้ผู้สัมผัสหรือใกล้ชิดเกิดโรคได้เป็นขยะที่ออกจากห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ ขยะที่เกิดขึ้นหรือใช้ในกระบวนการตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์และการรักษาพยาบาล การให้ภูมิคุ้มกันโรคและการทดลองเกี่ยวกับโรค และการตรวจชันสูตรศพหรือซากสัตว์ รวมทั้งในการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวให้ถือว่าเป็นขยะติดเชื้อ ได้แก่

- ซากหรือชิ้นส่วนของมนุษย์หรือสัตว์ที่เป็นผลมาจากการผ่าตัด การตรวจชันสูตรศพหรือซากสัตว์ และการใช้สัตว์ทดลอง

- วัสดุของมีคม เช่น เข็ม ใบมีด กระจกฉีดยา หลอดแก้ว ภาชนะที่ทำด้วยแก้วหรือพลาสติก สไลด์ ไปแปดทิปและแผ่นกระจกปิดสไลด์

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

- ขยะที่เกิดจากกระบวนการในห้องปฏิบัติการเช่น การเพาะบ่มเลี้ยงเชื้อ การทดลองโดยใช้เทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรมของจุลชีพ เป็นต้น

- ขยะทุกชนิดที่มาจากห้องรักษาผู้ป่วยติดเชื้อ

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

- ขยะอันตราย ได้แก่ หลอดไฟ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ กระจกสเปร์ย หมึกพิมพ์ ปากกาเมจิก

- ขยะจำพวกสารเคมี ได้แก่ ขวดยาต้านจุลชีพ ขวดบรรจุน้ำยา/สารเคมี น้ำยาและสารเคมีจากห้องปฏิบัติการ เป็นต้น

4. ขยะรีไซเคิล (recycle waste) หมายถึง ขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้/ จำหน่ายได้ เช่น กระดาษ กระจก ภาชนะพลาสติก ก่อสร้างวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการปนเปื้อนเชื้อโรค

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 และได้มีการออกประกาศ กฎกระทรวง และประกาศกระทรวงออกมาใช้จนถึงปัจจุบัน(ศึกษาเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์ของศูนย์บริหารกฎหมายสาธารณสุข กรมอนามัย 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 ตราหรือสัญลักษณ์สำหรับพิมพ์บนภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2546
7. ประกาศกระทรวง เรื่อง กำหนดลักษณะของห้องรักษาผู้ติดเชื้อร้ายแรง พ.ศ. 2548
8. ประกาศกระทรวง เรื่อง กำหนดลักษณะและเงื่อนไขห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย พ.ศ. 2548
9. ประกาศกระทรวง เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และเงื่อนไขว่าด้วยการขนและกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในท้องถิ่นเทศบาลตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบล พ.ศ. 2558

10. กฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดขยะมูลฝอยติดเชื้อ (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2564

ขยะติดเชื้อจากห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ

ขยะติดเชื้อจากห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพต้องใช้ความระมัดระวังในการจัดการมากกว่าขยะมูลฝอยชุมชนทั่วไปหากมีการจัดการไม่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลในขั้นตอนของการเก็บรวบรวมการเคลื่อนย้ายการขนและการกำจัด จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงานอาจเสี่ยงต่อการเกิดโรคจากขยะติดเชื้อ นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมได้ สิ่งในห้องปฏิบัติการต้องคำนึงก่อนจะนำขยะติดเชื้อออกจากห้องปฏิบัติการประกอบด้วยดังนี้

1. ขยะติดเชื้อเหล่านั้นผ่านการทำลายเชื้ออย่างเหมาะสมและถูกต้องหรือไม่
2. หากไม่ได้รับการทำลายเชื้อในห้องปฏิบัติการก่อนนำออกมา ได้มีการบรรจุในภาชนะที่ป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อได้ดีหรือไม่ขณะมีการเคลื่อนย้ายหรือวางพักไว้ในสถานที่พักขยะ
3. มีการป้องกันไม่ให้ผู้ที่ไม่มีหน้าที่หรือไม่ใช่ผู้เกี่ยวข้องเข้าถึงขยะติดเชื้อนี้หรือไม่

ขั้นตอนในการจัดการขยะติดเชื้อ แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

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

การเก็บรวบรวม

การรวบรวมและจัดเก็บขยะติดเชื้อที่เกิดจากกิจกรรมภายในห้องปฏิบัติการต้องมีการคัดแยกประเภทและจัดเก็บในภาชนะบรรจุที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการจัดเก็บและการนำไปกำจัด การเก็บขยะติดเชื้อต้องเก็บ ณ แหล่งกำเนิดขยะติดเชื้อและทิ้งลงในภาชนะสำหรับบรรจุขยะติดเชื้อมีดังนี้

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

2. ขยะติดเชื้ออื่น ซึ่งมีใช้ประเภทวัสดุของมีคมให้ทิ้งลงในถังขยะที่มีฝาปิดมิดชิดชนิดที่ใช้เท้าเหยียบเปิดปิดฝาหรือเปิดปิดโดยใช้สัญญาณตรวจจับ (sensor) ภายในถังขยะรองรับด้วยถุงขยะติดเชื้อสีแดงทึบแสง ทนทานต่อสารเคมีและการรับน้ำหนักไม่ฉีกขาดง่ายป้องกันน้ำได้ไม่รั่วซึมและควรบรรจุขยะเพียง 2 ใน 3 ส่วนของความจุของถุงการเก็บขยะทำโดยมัดรวบปากถุงแดงให้แน่นข้างถุงแดงมีข้อความสีดำว่า “มูลฝอยติดเชื้อ” อยู่ภายใต้รูปหัวกะโหลกไขว้คู่กับตราหรือสัญลักษณ์ที่ใช้ระหว่างประเทศตามที่กระทรวงสาธารณสุข

กำหนด โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษาและต้องมีข้อความว่า “ห้ามนำกลับมาใช้อีก” และ “ห้ามเปิด” พร้อมระบุชื่อหน่วยงานไว้ที่ถุงแดง ตามกฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2545 สำหรับตราสัญลักษณ์หรือสัญลักษณ์ที่ใช้ระหว่างประเทศ โปรดดูรายละเอียดในบทที่ 3 สัญลักษณ์และป้ายเตือนที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย โดยสัญลักษณ์ต้องมีรัศมีไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ตราสัญลักษณ์หรือสัญลักษณ์สำหรับพิมพ์บนภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2546 ก่อนทำการเคลื่อนย้ายขยะมูลฝอยติดเชื้อออกจากห้องปฏิบัติการถ้าเป็นขยะจากตัวอย่างจากผู้ป่วยหรือจุลชีพก่อโรค ความเสี่ยงสูงให้ทำการฆ่าเชื้อเบื้องต้นโดยการนึ่งทำลายเชื้อด้วยเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูงหากเป็นขยะที่เกิดจากจุลชีพก่อโรคหรือสารชีวภาพที่มีความเสี่ยงต่ำและปานกลาง ให้ใช้น้ำยาฆ่าเชื้อที่มีฤทธิ์ทำลายจุลชีพก่อโรคนั้นได้เช็ดโดยรอบถุงให้ทั่ว



รูปที่ 13 ตัวอย่างถุงขยะมูลฝอยติดเชื้อ

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

การเคลื่อนย้าย

การเคลื่อนย้ายขยะติดเชื้อออกจากห้องปฏิบัติการไปยังสถานที่พักเก็บขยะมูลฝอยก่อนส่งไปทำลายหรือเคลื่อนย้ายขยะไปยังสถานที่ทำลายขยะ ให้วางขยะมูลฝอยติดเชื้อในภาชนะรองรับที่มีฝาปิดมิดชิด ง่ายต่อการฆ่าเชื้อ และล้างทำความสะอาด เพื่อป้องกันการหกหล่น ร่วงตกของขยะระหว่างการเคลื่อนย้าย เช่น ถังสแตนเลส เป็นต้น และต้องดำเนินการให้ถูกสุขลักษณะดังนี้

1. ผู้ปฏิบัติงาน

- ผู้ปฏิบัติงานต้องผ่านการฝึกอบรมการป้องกันและระงับการแพร่เชื้อหรืออันตรายที่อาจเกิดจากมูลฝอยติดเชื้อ
- ผู้ปฏิบัติงานต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลได้แก่ถุงมือยางอย่างหนา ฝ้ายกันเปื้อน ฝาปิดปากและจมูก และรองเท้าพื้นยางหุ้มแข้งตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน

2. วิธีการเคลื่อนย้าย

- ต้องทำตามตารางเวลาที่กำหนดของหน่วยงาน
- ต้องเคลื่อนย้ายโดยใช้รถเข็นเฉพาะสำหรับเคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุขยะติดเชื้อ
- ต้องมีเส้นทางเคลื่อนย้ายที่แน่นอนและในระหว่างการเคลื่อนย้ายไปที่พักรวมขยะติดเชื้อ ห้ามแหวะหรือหยุดพัก ณ ที่ใด

- ต้องกระทำโดยระมัดระวังห้ามโยน หรือลากภาชนะสำหรับบรรจุขยะติดเชื้อ
- กรณีที่มีขยะติดเชื้อตกหล่นหรือภาชนะบรรจุแตกหักระหว่างทาง ห้ามหยิบด้วยมือเปล่า ต้องใช้คีมหรือหยิบด้วยถุงมืออย่างอง่างหนา หากเป็นของเหลวให้ซับด้วยกระดาษโดยหมุนเป็นวงกลมจากด้านนอกสู่ด้านในและทิ้งกระดาษนั้นในถุงขยะติดเชื้อหรือภาชนะบรรจุขยะติดเชื้อใบใหม่และทำความสะอาด ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อที่บริเวณพื้นนั้นก่อนเช็ดถูโปรดดูรายละเอียดการจัดการสารชีวภาพหกหล่นในบทที่ 15 การเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับภาวะฉุกเฉิน

3. ลักษณะของรถเข็นสำหรับเคลื่อนย้ายขยะติดเชื้อ

- ทำด้วยวัสดุที่ทำความสะอาดได้ง่าย ไม่มีแฉกมุมอันจะเป็นแหล่งหมักหมมของเชื้อโรคและสามารถทำความสะอาดด้วยน้ำได้
- มีพื้นและผนังทึบเมื่อจัดวางภาชนะบรรจุขยะติดเชื้อแล้วต้องปิดฝาให้แน่นเพื่อป้องกันสัตว์และแมลงเข้าไป
- มีข้อความสีแดงที่มีขนาดสามารถมองเห็นชัดเจนอย่างน้อยสองด้านว่า “รถเข็นขยะติดเชื้อห้ามนำไปใช้ในกิจการอื่น”
- ต้องมีอุปกรณ์หรือเครื่องมือสำหรับใช้เก็บขยะติดเชื้อที่ตกหล่นระหว่างการเคลื่อนย้าย อุปกรณ์หรือเครื่องมือสำหรับใช้ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อบริเวณที่มูลฝอยติดเชื้อตกหล่นตลอดเวลาที่ทำการเคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุขยะติดเชื้อ

4. ลักษณะของที่พักรวมขยะติดเชื้อ

- มีลักษณะไม่แพร่เชื้อและอยู่ในที่ที่สะดวกต่อการขนขยะติดเชื้อไปกำจัด
- มีขนาดกว้างเพียงพอที่จะเก็บกักภาชนะบรรจุขยะติดเชื้อได้อย่างน้อยสองวัน
- พื้นและผนังต้องเรียบทำความสะอาดได้ง่าย
- มีรางหรือท่อระบายน้ำทิ้งเชื่อมต่อกับระบบบำบัดน้ำเสีย
- มีลักษณะโปร่งไม่อับชื้น
- มีการป้องกันสัตว์และแมลงเข้าไป มีประตูกว้างพอสมควรตามขนาดของห้องหรืออาคาร เพื่อสะดวกต่อการปฏิบัติงานและปิดด้วยกุญแจหรือปิดด้วยวิธีอื่นที่บุคคลทั่วไปไม่สามารถที่จะเข้าไปได้
- มีข้อความเป็นคำเตือนที่มีขนาดสามารถเห็นได้ชัดเจนว่า “ที่พักรวมขยะติดเชื้อ” ไว้ที่หน้าห้องหรือหน้าอาคาร

- มีลานสำหรับล้างรถขึ้นอยู่ใกล้ที่พักรวมขยะติดเชื้อและลานนั้นต้องมีรางหรือท่อรวบรวมน้ำเสียจากการล้างรถขึ้นเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย

ในกรณีที่พักเก็บภาชนะบรรจุขยะติดเชื้อไว้เกิน 7 วัน ที่พักรวมขยะติดเชื้อตามลักษณะข้างต้นได้ แต่ควรควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 10 องศาเซลเซียส และต้องจัดให้มีบริเวณที่พักภาชนะบรรจุขยะติดเชื้อไว้เป็นการเฉพาะ

การขนส่ง

ในที่นี้หมายถึงการนำขยะติดเชื้อจากที่พักรวมขยะติดเชื้อไปยังสถานที่กำจัดขยะติดเชื้อ

1. การขนขยะติดเชื้อต้องดำเนินการให้ถูกสุขลักษณะ ดังนี้

- ผู้ขับขี่และผู้ปฏิบัติงานประจำยานพาหนะต้องมีความรู้เกี่ยวกับขยะติดเชื้อโดยผ่านการฝึกอบรมการป้องกันและระงับการแพร่เชื้อหรืออันตรายที่อาจเกิดจากขยะติดเชื้อ

- ต้องมีเครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมสำหรับผู้ขับขี่และผู้ปฏิบัติงานประจำยานพาหนะขนขยะติดเชื้ออุปกรณ์หรือเครื่องมือสำหรับป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดจากการตกลงหรือการรั่วไหลของขยะติดเชื้ออุปกรณ์หรือเครื่องมือป้องกันอัคคีภัย และอุปกรณ์หรือเครื่องมือสื่อสารสำหรับใช้ติดต่อแจ้งเหตุอยู่ในยานพาหนะขนขยะติดเชื้อ ตลอดเวลาที่ทำกรขนขยะติดเชื้อ

- ผู้ขับขี่ยานพาหนะขนขยะติดเชื้อและผู้ปฏิบัติงานประจำยานพาหนะขนขยะติดเชื้อต้องระมัดระวังมิให้ขยะติดเชื้อและภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อตกลงในระหว่าง การขน

- ห้ามยานพาหนะขนขยะติดเชื้อไปใช้ในกิจการอย่างอื่นและให้ทำความสะอาดและฆ่าเชื้ออย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง ยกเว้นกรณีภาชนะบรรจุขยะติดเชื้อแตกหรือมีการรั่วไหล ต้องทำความสะอาดทันทีที่สามารถจะทำได้

2. ยานพาหนะขนขยะติดเชื้อ ต้องมีลักษณะ ดังนี้

- ตัวถังปิดทึบผนังด้านในต้องบุด้วยวัสดุที่ทนทานทำความสะอาดได้ง่าย ไม่รั่วซึม

- ในกรณีที่เป็นยานพาหนะสำหรับใช้ขนขยะติดเชื้อจากที่พักรวมขยะติดเชื้อที่เก็บไว้นานกว่า 7 วันภายในตัวถังของยานพาหนะนั้นต้องสามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 10 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่านั้นได้และจะต้องติดเครื่องเทอร์โมมิเตอร์ที่สามารถอ่านค่าอุณหภูมิภายในตัวถังไว้ด้วย

- มีข้อความสีแดงที่มีขนาดสามารถมองเห็นได้ชัดเจนปิดไว้ที่ภายนอกตัวถังด้านข้างทั้งสองด้านว่า “ใช้เฉพาะขนขยะติดเชื้อ”

การกำจัด

เป็นการจัดการเพื่อทำลายเชื้อที่มีอยู่ในขยะซึ่งการพิจารณาเลือกวิธีกำจัดนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของเทคโนโลยีที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อมและความสอดคล้องกับข้อจำกัดทางด้าน

งบประมาณความถูกต้องตามหลักวิชาการก่อนที่จะนำไปทำลายด้วยวิธีการเช่นเดียวกับขยะทั่วไปวิธีการกำจัดขยะติดเชื้อ 2 ขั้นตอน คือ

1. การทำลายเชื้อ

เป็นการทำลายเชื้อให้หมดไปก่อนจะส่งไปกำจัดต่อไป สามารถดำเนินการได้ ดังนี้

- การเผาโดยใช้เตาเผาการทำลายเชื้อด้วยการเผาเป็นวิธีที่สามารถทำลายเชื้อโรคได้มากที่สุดการกำจัดขยะติดเชื้อโดยการเผาใช้เตาเผาขยะติดเชื้อและห้องเผาควันการเผาขยะติดเชื้อใช้อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 760 องศาเซลเซียส และในการเผาควันใช้อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 1,000 องศาเซลเซียส และต้องมีการควบคุมมาตรฐานอากาศเสีย ที่ปล่อยออกจากเตาเผาผลจากการเผาจะทำให้มีเถ้าตกค้างซึ่งจะนำไปกำจัดโดยใช้วิธีการเดียวกับขยะชุมชน
- การอบด้วยไอน้ำหรือการนึ่งโดยใช้เครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูง (autoclave) สามารถทำลายเชื้อโรคได้ปริมาณของมูลฝอยคงเหลือเท่าเดิมหรือมากขึ้นเนื่องจากความชื้นจากไอน้ำที่ใช้ในการอบ
- การกำจัดขยะติดเชื้อด้วยวิธีการทำลายเชื้อด้วยไอน้ำหรือวิธีอื่นจะต้องดำเนินการให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานทางชีวภาพโดยมีประสิทธิภาพที่สามารถทำลายเชื้อแบคทีเรียเชื้อรา ไวรัส และปรสิตในมูลฝอยติดเชื้อได้หมดโดยใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 30 นาที
- ต้องมีการเก็บและบันทึกข้อมูลปริมาณมูลฝอยติดเชื้อทุกครั้งที่กำจัดตามแบบบันทึกข้อมูลปริมาณมูลฝอยติดเชื้อที่อธิบดีกรมอนามัยประกาศกำหนดและประกาศในราชกิจจานุเบกษา

แบบบันทึกข้อมูลปริมาณมูลฝอยติดเชื้อ

ชื่อแหล่งกำเนิดมูลฝอยติดเชื้อ.....

ที่ตั้ง.....

วิธีการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ.....

เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบ.....ตำแหน่ง.....

ลำดับที่	วัน/เดือน/ปี	เวลา	น้ำหนักมูลฝอยติดเชื้อ (กิโลกรัม)	ลงชื่อ

2. การกำจัด

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

ในกรณีกำจัดขยะติดเชื้อด้วยการเผา ถ้าที่เหลือสามารถดำเนินการได้เหมือนขยะทั่วไป ส่วนขยะติดเชื้อที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้ออาจส่งออกภายนอกเพื่อไปเผาทำลายหรือกลบฝังในพื้นที่เฉพาะ

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

- คุณสมบัติของผู้รับช่วง เช่น ได้รับอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นให้ดำเนินการ
- วิธีการดำเนินการที่เป็นไปตามกฎหมาย โดยเฉพาะในกระบวนการในการกำจัดที่เกี่ยวข้องของบริษัทที่รับช่วงไป เช่น

- คุณลักษณะของผู้ปฏิบัติงานในแต่ละงานที่เกี่ยวข้อง
- วัสดุอุปกรณ์ และยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง
- วิธีการเคลื่อนย้าย
- สถานที่พักขยะติดเชื้อ

- กระบวนการทำลายหรือกำจัดที่เป็นไปตามกฎหมายซึ่งทำให้มั่นใจว่าจะไม่เกิดแพร่กระจายของเชื้อหรือขยะติดเชื้อออกสู่ที่สาธารณะ

บทที่ 14

การเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับภาวะฉุกเฉิน (Emergency Response)

การเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับภาวะฉุกเฉินต้องครอบคลุมถึงความเป็นไปได้ทั้งหมดของการเกิดอุบัติเหตุและอุบัติเหตุ เช่น หกล้ม หมดสติ เจ็บป่วย บาดเจ็บ เป็นต้น เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ทั่วไปจนถึงภัยธรรมชาติ เช่น ไฟฟ้าดับ น้ำปะปาไม่ไหล อัคคีภัย อุทกภัยและเหตุการณ์ที่อาจเกิดในห้องปฏิบัติการ เช่น การสัมผัสสารชีวภาพ การรั่วไหลของสารชีวภาพหรือสารเคมี ภัยคุกคาม การฝ่าฝืนความมั่นคงปลอดภัย เป็นต้น การจัดการความปลอดภัยต้องคำนึงถึงความเสี่ยง การจัดการอุปกรณ์และการปฐมพยาบาล ทั้งนี้การเตรียมความพร้อมเพื่อบรรเทาเหตุฉุกเฉินหรือหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดผลกระทบรุนแรงต่อชุมชนและทรัพย์สินของหน่วยงาน ดังนั้นจึงต้องจัดทำแผนซึ่งต้องประกอบด้วย 3 ระยะ ดังนี้

1. ก่อนเกิดเหตุ มีแผนรับมือเหตุฉุกเฉินหรือแผนในการป้องกันที่ครอบคลุมการเตรียมความพร้อมสำหรับภัยธรรมชาติ เช่น อุทกภัย ดินโคลนถล่ม เป็นต้น การเตรียมความพร้อมในระยะนี้ เริ่มตั้งแต่การวางแผน ไม่ว่าจะเป็นการมอบหมายตัวบุคคลซึ่งต้องมีความรอบรู้ในแผนที่จัดทำขึ้น สำหรับประสานในกรณีที่เกิดเหตุ มีแผนในกรณีที่ไม่สามารถใช้พื้นที่หรือห้องปฏิบัติการดำเนินการต่อได้ จัดเตรียมอุปกรณ์รับมือเหตุฉุกเฉินให้พร้อมใช้งาน จัดทำขั้นตอนหรือแนวทางที่ต้องปฏิบัติขณะเกิดเหตุตลอดจนจัดให้มีการซ้อมแผนเป็นระยะเพื่อให้เจ้าหน้าที่หรือผู้ปฏิบัติงานได้เคยชินไม่เกิดความตื่นตระหนกเมื่อเกิดเหตุการณ์จริง รายละเอียดการดำเนินการในระยะก่อนเกิดเหตุ มีดังนี้

- การบริหารความเสี่ยง

- มีการชั่งอัตรายที่อาจเกิดขึ้นจากเหตุฉุกเฉินต่างๆโดยการสำรวจอัตรายทางกายภาพ อัตรายจากสารเคมี และเครื่องมือหรืออุปกรณ์แต่ละประเภทที่ใช้
- มีการประเมินความเสี่ยง ในบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการรั่วไหลสารชีวภาพหรือสารเคมี นอกจากนั้นยังประเมินความเสี่ยงในกิจกรรมและวิธีปฏิบัติงาน การจัดเรียงลำดับความเสี่ยงสูงหรือต่ำโดยประเมินจากโอกาสในการเกิดความเสี่ยงและผลกระทบที่เกิดขึ้น
- มีการลดความเสี่ยงโดยมีมาตรการหรือบังคับใช้กฎระเบียบที่เกี่ยวข้องอย่างเคร่งครัด
- มีการสื่อสารความเสี่ยงด้วยการแนะนำ การพูดคุยการตีตป้ายเตือนและศึกษาคู่มีอัตรานความปลอดภัย
- มีการประเมินผลและวางแผนการดำเนินงานเพื่อปรับปรุงการบริหารความเสี่ยง

- **การจัดเตรียมอุปกรณ์การปฐมพยาบาล** มีแนวทางปฏิบัติในการจัดเตรียมอุปกรณ์การปฐมพยาบาล เพื่อตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- จัดเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการเพื่อรองรับเหตุฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้น เช่น มีที่ล้างตาและชุดฝักบัวฉุกเฉินที่ได้มาตรฐานและอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล อุปกรณ์ดับเพลิง เป็นต้น
- จัดหาเวชภัณฑ์สำหรับรองรับเหตุฉุกเฉิน ต้องวางในบริเวณที่สามารถเข้าถึงได้ทันทีและตลอดเวลาเมื่อเกิดเหตุ กล่องปฐมพยาบาลและอุปกรณ์ปฐมพยาบาล ได้แก่ น้ำยาล้างแผล ยาใส่แผลสด ยาแก้ปวด ยาทาบรรเทาอาการจากแผลไฟไหม้ หรือน้ำร้อนลวก ผ้าพันแผลที่ผ่านการฆ่าเชื้อ กรรไกร สำลี เข็มกลัด อุปกรณ์และน้ำยาล้างตา พลาสเตอร์ผ้ายัด เป็นต้น ถ้ามีอาสาสมัครประจำบ้าน ควรมีคู่มือหรือเอกสารกำกับการใช้ยาชนิดต่างๆ นอกจากนั้นควรมีชุดป้องกันและอุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับผู้ทำการปฐมพยาบาล

- **การเตรียมความพร้อม** มีแนวปฏิบัติในการเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับภาวะฉุกเฉินเมื่อเกิดเหตุการณ์ หรือตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน โดยหัวหน้าห้องปฏิบัติการหรือผู้ควบคุมงานหรือผู้ได้รับมอบหมายต้องไปถึงที่เกิดเหตุทันทีเพื่อควบคุมสถานการณ์และดำเนินการดังนี้

- ควบคุมบริเวณที่เกิดเหตุ
- ปฐมพยาบาลเบื้องต้น เรียกทีมช่วยเหลือ การแจ้งเตือนและการอพยพ
- ควบคุมอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้น
- หาสาเหตุและเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- เก็บรักษาหลักฐานที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ เมื่อจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือเคลื่อนย้าย
- รายงานอุบัติเหตุอุบัติภัยที่เกิดขึ้นให้ผู้บังคับบัญชาทราบโดยเร็ว
- มีการสอบสวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อหาสาเหตุ และมาตรการป้องกันการเกิดซ้ำ

- **การใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล** ควรใช้อุปกรณ์ป้องกันตามชนิดหรือประเภทของการปฏิบัติงานตามชนิดและปริมาณของสารเคมีหรือสารชีวภาพที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์เหล่านี้ได้แก่ อุปกรณ์ป้องกันหน้า (face protection) อุปกรณ์ป้องกันตา (eye protection) อุปกรณ์ป้องกันมือ (hand protection) อุปกรณ์ป้องกันเท้า (foot protection) ป้องกันร่างกาย (body protection) อุปกรณ์ป้องกันการได้ยิน (hearing protection) อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ (respiratory protection)

2. **ขณะเกิดเหตุ** เป็นการดำเนินการตอบโต้เหตุการณ์ตามแผนที่กำหนดไว้ ในข้อ 1 (ก่อนเกิดเหตุ)

3. **หลังเกิดเหตุ** เป็นการดำเนินการเพื่อตรวจสอบความเสียหายรวมถึงการเฝ้าระวังผลที่อาจเกิดขึ้นตามมาหลังเกิดเหตุ และเตรียมการสำหรับการฟื้นฟู

นอกจากนี้หน่วยงานควรจัดให้มีแบบรายงานอุบัติการณ์เพื่อเป็นหลักฐานและวิเคราะห์หาแนวทางป้องกันในภาพรวมซึ่งแบบรายงานควรประกอบด้วยหัวข้อดังนี้

- วัน เวลาที่เกิดเหตุ
- สถานที่เกิดเหตุ
- ลักษณะเหตุที่เกิด
- การแก้ไขที่ดำเนินการไป
- การป้องกันไม่ให้เกิดซ้ำ

ในคู่มือนี้ขอยกตัวอย่างเหตุฉุกเฉินเพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติซึ่งห้องปฏิบัติการสามารถนำไปปรับให้เหมาะสมกับหน่วยงานของตนเองได้ ดังนี้

วิธีปฏิบัติเมื่อเกิดกรณีฉุกเฉินเหตุเพลิงไหม้

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

วิธีปฏิบัติเมื่อเกิดกรณีฉุกเฉินจากสารชีวภาพรั่วไหล

อันตรายที่เกิดจากการรั่วไหลของสารชีวภาพติดเชื้อเกี่ยวข้องกับสุขภาพ ซึ่งผู้ประสบเหตุอาจมีการหายใจเอาสารชีวภาพติดเชื้อเข้าสู่ร่างกาย หรือการสัมผัสกับสารชีวภาพติดเชื้อและอาจทำให้เกิดติดเชื้อเป็นโรค หรือถึงแก่ชีวิตได้ ดังนั้นหากเกิดการรั่วไหลของสารชีวภาพ ผู้ปฏิบัติงานต้องรับผิดชอบต่อความปลอดภัยและป้องกันการแพร่กระจาย โดยปฏิบัติดังนี้

1. กรณีสัมผัสสารชีวภาพที่รั่วไหล

- แจ้งเตือนผู้ร่วมงานให้ทราบเพื่อป้องกันการติดต่อและการแพร่กระจายเชื้อ
- ทำความสะอาดร่างกายด้วยสบู่ (ควรใช้สบู่ฆ่าเชื้อโรค) และน้ำ หากกระเด็นเข้าตาให้ใช้น้ำยา

ล้างตา และหากกระเด็นเข้าปากให้ใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.9 เปอร์เซ็นต์ หรือน้ำสะอาด

- รีบให้การช่วยเหลือ ปฐมพยาบาล หรือส่งไปสถานพยาบาลเร่งด่วน (แล้วแต่กรณี)
- แจ้งหัวหน้าห้องปฏิบัติการหรือผู้ดูแลห้องปฏิบัติการทันทีหรือภายใน 1 ชั่วโมง
- พบแพทย์เพื่อทำการรักษา หรือรับคำปรึกษาต่อไป

2. กรณีสารชีวภาพหกหล่นในห้องปฏิบัติการ (spill decontamination)

ห้องปฏิบัติการต้องจัดเตรียมชุดอุปกรณ์สำหรับกำจัดการปนเปื้อนสารชีวภาพติดเชื้อที่อาจเกิดการหกหล่น ไว้พร้อมหยิบใช้ได้สะดวกและทันทั่วถึง ซึ่งชุดอุปกรณ์ควรประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างน้อย ดังนี้

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

2.1 สารชีวภาพติดเชื้อหกหล่นภายในตู้ชีวนิรภัย ในกรณีที่มีการหกหล่นของสารชีวภาพติดเชื้อภายในตู้ชีวนิรภัยให้ปฏิบัติดังนี้

- ถุงมือที่ใช้งานแล้วให้ทิ้งภายในตู้ กรณีมีการปนเปื้อนเชื้อ
- ห้ามปิดสวิตซ์ตู้ เพื่อให้ตู้ทำงานอย่างต่อเนื่องในการกรองอากาศภายในตู้ ก่อนปล่อยออกสู่อากาศภายนอกทั้งเมื่อเกิดเหตุและขณะทำความสะอาด
- สวมเสื้อคลุม แวนตานิรภัย และถุงมือในขณะทำความสะอาด
- คลุมบริเวณที่สารชีวภาพหกหล่นด้วยวัสดุซับ แล้วราดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ ปล่อยทิ้งไว้อย่างน้อย 10-20 นาที หรือตาม contact time ของน้ำยาฆ่าเชื้อชนิดที่เลือกใช้
- เช็ดทำความสะอาดด้วยกระดาษซับ
- เช็ดผนังตู้ พื้นี่ทำงานและอุปกรณ์ภายในตู้ด้วยกระดาษหรือผ้าที่ชุบน้ำยาฆ่าเชื้อ
- ทิ้งวัสดุปนเปื้อนลงในถุงขยะติดเชื้อและนำไปบดฆ่าเชื้อก่อนนำไปทิ้ง
- วัสดุที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ให้ใส่ในภาชนะที่ทนความร้อนและมีฝาปิดก่อนนำไปบดฆ่าเชื้อ
- วัสดุที่ไม่สามารถบดฆ่าเชื้อที่ได้ ให้แช่ในน้ำยาฆ่าเชื้อนานอย่างน้อย 10 นาทีหรือตาม contact time ก่อนนำออกจากตู้
- หลังจากทำความสะอาดเสร็จ ให้ตู้ทำงานต่อไปอีกอย่างน้อย 10 นาที ก่อนจะใช้งานอื่น
- รายงานอุบัติการณ์แก่ผู้รับผิดชอบทราบ

2.2 สารชีวภาพติดเชื้อหกหล่นภายนอกตู้ชีวนิรภัย เมื่อเกิดสารชีวภาพหรือจุลชีพหกหล่นในห้องปฏิบัติการ รอยอย่างน้อย 30 นาที เพื่อให้ไม่มีละอองฟุ้งกระจายในอากาศ ก่อนเข้าห้องปฏิบัติการไปดำเนินการจัดการกำจัดและทำความสะอาด ถ้ามีการเปื้อนเสื้อผ้าให้นำใส่ลงในถุงขยะติดเชื้อ เพื่อนำไปทิ้งฆ่าเชื้อก่อนการทำความสะอาดก่อนจัดการกับวัสดุติดเชื้อหกหล่นให้สวมเสื้อคลุมปฏิบัติการ แวนตานิรภัย และถุงมือ และปฏิบัติดังนี้

- แจ้งผู้ร่วมงานทราบและกั้นบริเวณที่มีวัสดุติดเชื้อหกหล่น
- เก็บวัสดุที่เป็นเศษเครื่องแก้วแตก(ถ้ามี) โดยใช้ปากคีบ ห้ามหยิบวัสดุมีคมที่ติดเชื้อด้วย

มือเปล่า ทิ้งวัสดุแก้วแตกในภาชนะเก็บของมีคม

- นำวัสดุซึบปิดคลุมบริเวณที่วัสดุติดเชื้อหกหล่น เพื่อไม่ให้เชื้อฟุ้งกระจาย
- ราดน้ำยาฆ่าเชื้อที่เหมาะสมกับชนิดของเชื้อรอบบริเวณวัสดุติดเชื้อที่หกหล่นจากด้านนอกเข้าสู่

ตู้ด้านในและปล่อยทิ้งไว้อย่างน้อย 10-20 นาทีหรือตาม contact time ของน้ำยาฆ่าเชื้อที่เลือกใช้ เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำยาได้ออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อเพียงพอ

- เก็บรวบรวมวัสดุปนเปื้อนทั้งหมดทิ้งลงในถุงขยะติดเชื้อ
- เครื่องมือที่ปนเปื้อน หากไม่สามารถล้างฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งไอน้ำแรงดันสูงได้ ต้องเช็ดด้วย

น้ำยาฆ่าเชื้อที่เหมาะสมไม่กัดกร่อนเครื่องมือ และล้างด้วยน้ำ ถ้าจำเป็น

- นำถุงใส่ขยะติดเชื้อไปอบนึ่งฆ่าเชื้อก่อนนำไปทิ้ง
- วัสดุอุปกรณ์ที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ให้ใส่ในภาชนะหรือภาชนะที่ทนความร้อนและมีฝาปิดก่อน

นำไปอบฆ่าเชื้อ

- เปิดใช้พื้นที่ได้หลังจากที่ได้ทำความสะอาดและกำจัดการปนเปื้อนเสร็จสมบูรณ์
- รายงานอุบัติการณ์ แก่ผู้รับผิดชอบห้องปฏิบัติการทราบ

ตัวอย่างแบบบันทึกอุบัติเหตุ ดังรูปที่ 14

แบบบันทึกอุบัติเหตุ

ชื่อหน่วยงาน

ส่วนที่ 1 ผู้รายงานอุบัติเหตุ 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..... (.....)	
ส่วนที่ 2 สำหรับหัวหน้างานเท่านั้น 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..... (.....)	
ส่วนที่ 3 สำหรับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย/ Safety officer 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 ตัวอย่างแบบบันทึกอุบัติเหตุ

บทที่ 15

อาชีวอนามัย (Occupation Health)

การดำเนินงานอาชีวอนามัยและความปลอดภัยมีขอบเขตที่เกี่ยวข้องเฉพาะปัญหาสุขภาพอนามัย (health problems) ของคนที่เกิดจากการทำงานดังนี้

1. **ผู้ปฏิบัติงานในขณะที่ทำงาน (workers)** ในผู้ที่ปฏิบัติงานอาชีพต่างๆ จะได้รับการดูแลทางสุขภาพอนามัยการค้นหาโรคและอันตรายที่เกิดขึ้นที่เป็นผลมาจากการทำงานการส่งเสริมสุขภาพอนามัย การป้องกันโรคอันตรายและอุบัติเหตุที่อาจเกิดจากการทำงาน

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

การเฝ้าระวังทางการแพทย์และภูมิคุ้มกันวัคซีนของผู้ปฏิบัติงาน

การเฝ้าระวังสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ที่ทำงานถือเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นอย่างมากการเฝ้าระวังสุขภาพต้องมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ก่อนที่พนักงานจะเข้าทำงาน ระหว่างที่ทำงานจนกระทั่งถึงเวลาปรับเปลี่ยนงานหรือลาออกจากการทำงานนั้นไป รวมทั้งจะต้องดำเนินการควบคู่ไปกับการประเมินและบริหารจัดการความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสภาพแวดล้อมการทำงาน ซึ่งรวมถึงการเฝ้า ระวังควบคุมสภาพแวดล้อมในการทำงานด้วย

การตรวจสุขภาพแก่ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ อาจแบ่งได้ดังนี้

1. **การประเมินสุขภาพก่อนหรือแรกเข้าทำงาน**ผู้ปฏิบัติงานที่เริ่มเข้าทำงานใหม่ หรือย้ายจากแผนกอื่นมาอยู่ในแผนกใหม่ ควรได้รับการตรวจและประเมินสุขภาพเพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมทางด้านสุขภาพทั้งทางร่างกายและจิตใจก่อนเข้าไปทำงานในแผนกนั้นๆ การตรวจประเมินสุขภาพนี้ต้องพิจารณาว่าผู้ที่เข้ามาทำงานใหม่มีโรคหรือสภาวะทางสุขภาพที่อาจมีผลกระทบต่อการทำงาน หรือทำให้เกิดโรคหรือสภาวะสุขภาพมีอันตราย หรือความปลอดภัยจากการทำงานมากยิ่งขึ้น รวมทั้งอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพหรือความปลอดภัยต่อบุคคลอื่นด้วยหรือไม่ โดยทั่วไปการตรวจแรกเข้าทำงานมีวัตถุประสงค์คือ เป็นการตรวจเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน ซึ่งนำไปสู่การเฝ้าระวังทางสุขภาพ เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งจึงทำการตรวจเพื่อเฝ้าระวังความเสี่ยงและดูแนวโน้มของสภาวะสุขภาพที่อาจเปลี่ยนแปลงไปอันมีผลมาจากสภาพแวดล้อมจากการทำงาน

2. **การตรวจสุขภาพประจำปี** ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพควรได้รับการตรวจประเมินสุขภาพทั่วไปเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ อย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง เพื่อตรวจหาความผิดปกติที่อาจเกิดผลกระทบ

ต่อสุขภาพตั้งแต่ระยะเริ่มแรก และนำไปสู่การป้องกันแก้ไขได้อย่างทันท่วงที การตรวจคัดกรองทางสุขภาพทั่วไปที่ควรดำเนินการ ได้แก่ การตรวจวัดความดันโลหิต การตรวจหาโรคเบาหวาน หรือการตรวจคัดกรองโรคมะเร็งต่างๆ เป็นต้น

3. การตรวจสุขภาพตามความเสี่ยง เป็นการตรวจสุขภาพในกลุ่มที่ปฏิบัติงานเสี่ยงอันตราย ซึ่งต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมในการทำงานของแต่ละกลุ่มเสี่ยงว่ามีอะไรบ้าง และมีผลกระทบต่อการทำงานของร่างกายอย่างไร อาจจำเป็นต้องมีการตรวจพิเศษเฉพาะระบบอย่างสม่ำเสมออย่างไรก็ตาม การตรวจตามความเสี่ยงนั้นส่วนใหญ่ยังคงเป็นการคัดกรองเพื่อค้นหาความเสี่ยงข้อควรระวังคือต้องเป็นไปตามหลักวิชาการคือ ชนิดตัวอย่างและการเก็บในช่วงเวลาที่เหมาะสม

อย่างไรก็ดี การตรวจสุขภาพตามความเสี่ยงควรตรวจก่อนเข้าทำงาน ขณะทำงาน สำหรับบุคลากรที่มีความเสี่ยงจากการทำงานในห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพควรได้รับการตรวจสุขภาพตามความเสี่ยงอย่างน้อยคือการตรวจหาเชื้อไวรัสตับอักเสบบีและให้วัคซีนบุคลากรที่ทำงานสัมผัสเลือดสารคัดหลั่งต่างๆ

นอกจากนี้ ควรเก็บตัวอย่างชีวภาพของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการตั้งแต่แรกเข้าทำงานเพื่อใช้เป็นตัวอย่างเปรียบเทียบโดยได้รับการยินยอมจากผู้ปฏิบัติงานกรณีพบการติดเชื้อในผู้ปฏิบัติงานในภายหลัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีเชื้อใหม่หรือเชื้อเดิมแต่ได้มีการพัฒนาเทคนิควิธีการในการตรวจที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับชนิดของตัวอย่างที่ควรได้รับการเก็บไว้เพื่อเป็นการเปรียบเทียบนั้นโดยปกติมักเก็บในรูปของซีรัม แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของงานและชนิดของเชื้อที่บุคลากรในห้องปฏิบัติการต้องเกี่ยวข้อง

นอกจากการตรวจสุขภาพข้างต้นแล้ว ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการยังมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอีกหลายชนิดที่อาจได้รับการสัมผัสกับตัวอย่างผู้ป่วยดังนั้นการได้รับภูมิคุ้มกันถือว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งในการป้องกันผู้ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลจากโรคต่างๆที่สามารถป้องกันด้วยวัคซีนได้ภูมิคุ้มกันที่บุคลากรสาธารณสุขควรได้รับแสดงดังตารางที่ 15.1 และ 15.2

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

วัคซีน/ยา	ข้อบ่งชี้
วัคซีนป้องกันไวรัสตับอักเสบบี เอ บี ซี	บุคลากรทางการแพทย์ที่มีความเสี่ยงในการสัมผัสเลือดหรือสิ่งคัดหลั่ง
วัคซีนป้องกันไข้หวัดใหญ่	บุคลากรทางการแพทย์
วัคซีนป้องกันโรคหัด	บุคลากรทางการแพทย์ที่ไม่เคยมีประวัติได้รับวัคซีนไม่เคยป่วยเป็นโรคหัด
วัคซีนป้องกันโรคคางทูม	บุคลากรทางการแพทย์ที่มีโอกาสสัมผัสเชื้อ
วัคซีนป้องกันโรคหัดเยอรมัน	บุคลากรทางการแพทย์ที่ไม่เคยมีประวัติได้รับวัคซีนไม่เคยป่วยเป็นโรคหัดเยอรมัน
วัคซีนป้องกันโรคอีสุกอีใส	บุคลากรทางการแพทย์ที่ไม่เคยมีประวัติได้รับวัคซีนไม่เคยป่วยเป็นโรคอีสุกอีใส
วัคซีนป้องกันโรคไขก้างหลังแอน (Meningococcal polysaccharide vaccine)	บุคลากรทางการแพทย์ที่ทำงานสัมผัสกับผู้ป่วย
วัคซีนป้องกันโรคโปลิโอ (Polio vaccine)	บุคลากรทางการแพทย์ที่ทำงานสัมผัสกับผู้ป่วยหรือทำงานในห้องปฏิบัติการที่ต้องสัมผัสเชื้อ
วัคซีนป้องกันโรคพิษสุนัขบ้า	บุคลากรทางการแพทย์ที่ทำงานสัมผัสกับสัตว์ที่ติดเชื้อหรือทำงานในห้องปฏิบัติการที่ต้องสัมผัสเชื้อหรือทำงานในห้องปฏิบัติการที่ต้องสัมผัสเชื้อ
วัคซีนรวมป้องกันโรคคอตีบและบาดทะยัก	ผู้ใหญ่ทุกคน
วัคซีนป้องกันโรค smallpox (Vaccinia vaccine)	บุคลากรทางการแพทย์ที่ทำงานในห้องปฏิบัติการที่ต้องสัมผัสเชื้อ
วัคซีนป้องกันโรคไข้สมองอักเสบ	บุคลากรทางการแพทย์ที่ทำงานในพื้นที่ที่มีอุบัติการณ์ของโรคหรือปฏิบัติงานในพื้นที่ภาคสนาม
วัคซีนป้องกันโรคอุบัติใหม่หรือโรคข้ามพรมแดน เช่น โรคติดเชื้อโควิด 19, โรคฝีดาษวานร	บุคลากรทางการแพทย์ที่ทำงานในพื้นที่ที่มีอุบัติการณ์ของโรคหรือปฏิบัติงานในพื้นที่ภาคสนาม

ที่มา: คู่มือการประเมินความเสี่ยงจากการทำงานของบุคลากรในโรงพยาบาล

ตารางที่ 15.2 สรุปการให้ภูมิคุ้มกันหรือยา”หลัง”การสัมผัสเชื้อสำหรับบุคลากรทางการแพทย์
(post exposure prophylaxis)

วัคซีน/ยา	ข้อบ่งชี้
โรคคอตีบ	บุคลากรทางการแพทย์ที่สัมผัสกับผู้ป่วยหรือผู้ที่เป็นพาหะของโรคคอตีบ
โรคไวรัสตับอักเสบบี	บุคลากรทางการแพทย์ที่สัมผัสกับอวัยวะของผู้ป่วยในช่วงที่มีการระบาดของโรคโดยไม่ต้องให้ในผู้ที่มีภูมิคุ้มกัน
ไวรัสตับอักเสบบี	บุคลากรทางการแพทย์ที่สัมผัสกับเลือดหรือสิ่งคัดหลั่งของผู้ป่วยติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีโดยไม่ต้องให้ในผู้ที่มีภูมิคุ้มกัน
โรคไขก้างหลังแอ่น (Meningococcal disease)	บุคลากรทางการแพทย์ที่สัมผัสกับการไอจามของผู้ป่วยโดยไม่ได้ใช้PPE ที่เหมาะสมรวมถึงการทำหัตถการที่มีความเสี่ยงเช่นการใส่ท่อช่วยหายใจ
โรคไอกรน	บุคลากรทางการแพทย์ที่สัมผัสกับการไอจามของผู้ป่วยโดยไม่ได้ใช้PPE ที่เหมาะสม
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 นอกจากนี้สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาคือท่าทางในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานเพราะในงานเดียวกันที่มีขั้นตอนการทำงานที่เหมือนกันทุกประการนั้นจะเกิดความแตกต่างกันที่ท่าทางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานแต่ละคนจึงถือว่าท่าทางการทำงานเป็นตัวแปรสำคัญในการเกิดปัญหาด้านการยศาสตร์ด้วย

4. สภาพแวดล้อมในการทำงานสำหรับสถานที่ทำงานใดก็ตามที่มีสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น เสียงดังเกินไป อากาศร้อนหรือเย็นเกินไป แสงสว่างจ้าหรือน้อยเกินไปการระบายอากาศไม่ดี พื้นที่แคบเกินไปหรือมีช่องว่างเกะเกะกิดขวางทางเดิน ทางเดินมีความต่างระดับมากเกินไป เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เกิดผลกระทบต่อการทำงานและนำไปสู่การเกิดปัญหาการยศาสตร์ได้ เช่น การที่ผู้ปฏิบัติงานต้องบิดหรือตะแคงตัวในการเดินยกของผ่านพื้นที่ที่แคบ เป็นต้น

การยศาสตร์เป็นเรื่องการศึกษาสภาพการทำงานที่มีความสัมพันธ์ระหว่างผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม เป็นการพิจารณาว่าสถานที่ทำงานควรการออกแบบหรือปรับปรุงให้มีความเหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงานอย่างไร เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจมีผลกระทบต่อความปลอดภัยและสุขภาพอนามัยในการทำงานและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ด้วยการทำงานที่ซ้ำซากจำเจในงานที่มีการออกแบบเครื่องมือและหน่วยที่ทำงานที่ไม่เหมาะสมจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดการบาดเจ็บและเจ็บป่วยซึ่งมักจะเป็นอาการที่ค่อยๆเกิดขึ้นอย่างช้าๆอาจใช้เวลานานทำให้ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในเรื่องการรักษาอาการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก

หน่วยที่ทำงานหมายถึงสถานที่ซึ่งพนักงานต้องอยู่ปฏิบัติงานนั้นหน่วยที่ทำงานอาจเป็นสถานที่ซึ่งพนักงานอยู่ปฏิบัติงานตลอดทั้งวัน การนำการยศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในสถานที่ทำงานย่อมก่อให้เกิดประโยชน์ไม่ว่าการทำให้พนักงานมีสุขภาพอนามัยที่ดีขึ้นสภาพการทำงานมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้นซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ผลทางห้องปฏิบัติการ

การออกแบบหน่วยที่ทำงานเป็นอย่างดีจะทำให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้ด้วยอิริยาบถการทำงานที่ถูกต้องและสะดวกสบายซึ่งเป็นเรื่องที่มีความสำคัญเนื่องจากอิริยาบถท่าทางการทำงานที่ไม่สะดวกสบายสามารถก่อให้เกิดปัญหามากมายตามมาเช่น อาการปวดหลัง การบาดเจ็บจากการเกร็งของกล้ามเนื้อที่เกิดจากการทำงานซ้ำซาก (repetitive strain injuries หรือ RSIs) เป็นต้น สาเหตุของปัญหาส่วนใหญ่ได้แก่ การออกแบบที่นั่งไม่เหมาะสม การยืนทำงานเป็นเวลานาน การทำงานที่ต้องเอื้อมไกลเกินไป แสง

สว่างที่ไม่เพียงพอทำให้พนักงานต้องเข้าใกล้ชิ้นงานมากเกินไปที่ควรนำมาพิจารณาในการออกแบบหน่วยที่ทำงานจึงควรประกอบด้วยความสูงของศีรษะ ความสูงของไหล่ ระยะเวลาแขน ความสูงของข้อศอก ความสูงของมือ ความยาวของขา ขนาดของมือและร่างกาย เป็นต้น

จุดปฏิบัติงานหรือสถานีงาน (workstation) หมายถึงสถานที่ที่ผู้ปฏิบัติงานใช้เวลาส่วนมากอยู่ประจำเพื่อปฏิบัติงานโดยจุดปฏิบัติงานหรือสถานีงานอาจเป็นที่ที่ปฏิบัติงานขึ้นหนึ่งให้สำเร็จตลอดเวลาหรืออาจเป็นหนึ่งในหลายแห่งที่ต้องใช้ทำงานขึ้นหนึ่งร่วมกันให้แล้วเสร็จก็ได้

เนื้อที่ปฏิบัติงานหรือพื้นที่การทำงาน (workspace) หมายถึงเนื้อที่ทั้งหมดของสถานีงานที่มีความเหมาะสมต่อการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานคนหนึ่งโดยมากหมายถึงพื้นที่ที่อยู่รอบผู้ปฏิบัติงานขนาดของเนื้อที่สำหรับการปฏิบัติงาน ซึ่งถูกกำหนดโดยตำแหน่งไกลสุดที่ผู้ปฏิบัติงานจะสัมผัสได้ด้วยส่วนต่างๆของร่างกายในขณะที่กำลังทำงานอยู่ในสถานีนั้นรวมถึงพื้นที่ว่างที่เพียงพอต่อการจัดวางส่วนควบคุมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆที่ถูกใช้โดยผู้ปฏิบัติงาน

ลักษณะของสถานีงาน

การออกแบบสถานีงานจึงควรพิจารณาถึงกลุ่มของผู้ที่จะใช้สถานีงานและทำการออกแบบให้มีความสัมพันธ์กัน ในทางกายศาสตร์ได้พิจารณาลักษณะของสถานีงานไว้ 3 ลักษณะดังนี้

1. สถานีงานที่ต้องนั่งทำงาน (seated workstation)

เป็นงานที่สามารถทำได้อย่างสะดวกในขณะที่นั่งตลอดช่วงปฏิบัติงานไม่มีการเอื้อมตัวมากเกินไป 40 เซนติเมตรหรือตำแหน่งของงานอยู่สูงกว่าพื้นผิวงานไม่เกิน 15 เซนติเมตรงานที่ไม่ต้องการแรงมาก เช่น การยกของขนาด 4.5 กิโลกรัม ขณะนั่งงานที่เกี่ยวข้องกับการเขียน หรือการประกอบชิ้นส่วนขนาดเล็กงานที่ต้องการความละเอียดสูงงานที่ต้องใช้คนบังคับเท้าในขณะที่ปฏิบัติงาน

2. สถานีงานที่ต้องยืนทำงาน (standing workstation)

งานที่สถานีงานไม่มีที่วางให้กับหัวเข่าขณะนั่ง งานที่เกี่ยวข้องกับการยกของหนักขนาดมากกว่า 4.5 กิโลกรัม งานที่ต้องการเอื้อมในทิศทางต่างๆมากและเกิดขึ้นบ่อย งานที่มีการเคลื่อนที่จากสถานที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งสูง งานที่ต้องมีการใช้แรงกดมากๆ เช่น การบรรจุสิ่งของหรือท่อของ เป็นต้น

3. สถานีงานที่ต้องนั่งและยืนทำงาน (sit-stand workstation)

งานที่มีความหลากหลาย ซึ่งงานบางส่วนเหมาะที่จะทำในขณะที่นั่ง และบางส่วนเหมาะที่จะทำในขณะที่ยืน งานที่มีการเอื้อมไปด้านหน้ามากกว่า 41 เซนติเมตร และโน้มตัวไปด้านหน้ามากกว่า 15 เซนติเมตร เนื้อที่พื้นผิวที่ปฏิบัติงาน

ข้อมูลในคู่มือนี้จะกล่าวถึงเฉพาะเพียงหลักการพื้นฐานการยศาสตร์ที่เกี่ยวกับงานยืนและนั่งทำงานเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการทำงานในห้องปฏิบัติการ

ท่าทางการทำงานสำหรับบุคคลที่ **นั่ง** แก้อั้วมีแนวในการปฏิบัติคือ

1. ควรปรับระดับความสูงของโต๊ะทำงานให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะซึ่งต้องไม่สูงหรือเตี้ยเกินไปโดยให้โต๊ะอยู่ในระดับที่เมื่อทำงานแล้วแขนท่อนล่างของผู้ปฏิบัติจะขนานกับพื้นหรือต้นขาส่วนแขนท่อนบนขนานกับลำตัวซึ่งข้อศอกทั้งสองข้างจะทำมุม 90 องศาหัวไหล่ปล่อยตามสบายเพราะถ้าผู้ปฏิบัติงานเกร็งหรือยกขึ้นจะทำให้เกิดความเมื่อยล้าและเกิดการบาดเจ็บสะสมกับผู้ปฏิบัติงานได้เมื่อทำงานไประยะหนึ่ง

2. ควรปรับระดับความสูงของเก้าอี้ให้พอเหมาะกับความยาวของขาช่วงล่างและจะสามารถวางเท้าไว้บนพื้นพอดีโดยที่สามารถสอดมือเข้าไปตรงบริเวณระหว่างต้นขากับขอบของที่นั่งของเก้าอี้ได้ เพราะจะทำให้เวลานั่งทำงานขอบของที่นั่งของเก้าอี้ไม่ไปกดตรงบริเวณต้นขาซึ่งขาช่วงล่างจะวางตั้งฉากกับพื้นขาช่วงบนวางตามเบาะนั่งของเก้าอี้ที่ขนานกับพื้นทำให้หัวเข่าทั้งสองข้างทำมุม 90 องศา

3. เก้าอี้ควรมีความมั่นคงแข็งแรงไม่โยกหรือเลื่อนไปมา

4. ที่นั่งของเก้าอี้ต้องไม่เล็กเกินไปและมีความลึกให้พอเหมาะกับความยาวของขาช่วงบนนอกจากนี้บริเวณขอบของที่นั่งต้องมีลักษณะโค้งมนไม่ควรมีลักษณะเป็นเหลี่ยมมุมเพราะเวลานั่งทำงานจะทำให้เหลี่ยมมุมนั้นกดกับบริเวณต้นขาจนเกิดอาการเจ็บของกล้ามเนื้อได้

5. วัสดุที่ใช้ทำเก้าอี้ต้องมีคุณสมบัติที่อากาศสามารถไหลผ่านได้ดีหรือระบายอากาศได้ดีทำให้ความสะดวกดูแลรักขาง่ายไม่ควรมีลักษณะที่เกิดการเสียดได้ง่ายเพราะผู้ปฏิบัติงานต้องเกร็งตลอดเวลาการทำงานซึ่งจะทำให้รู้สึกเครียดและปวดเมื่อยกล้ามเนื้อได้

6. พนักพิงต้องไม่เล็กเกินไปซึ่งสามารถรองรับแผ่นหลังของผู้ปฏิบัติงานได้ทั้งหมดไม่ควรเอนไปข้างหลังหรือข้างหน้า

ท่าทางในการทำงานสำหรับบุคคลที่ **ยืน** ทำงานมีแนวในการปฏิบัติคือ

1. ระดับความสูงของพื้นที่ปฏิบัติงานต้องไม่สูงหรือเตี้ยเกินไปโดยผู้ปฏิบัติงานจะต้องให้แขนท่อนล่างขนานกับพื้นส่วนแขนท่อนบนขนานกับลำตัวซึ่งข้อศอกทั้งสองข้างจะทำมุม 90 องศา หัวไหล่ปล่อยตามสบายเพราะถ้าผู้ปฏิบัติงานเกร็งหรือยกขึ้นเมื่อทำงานได้ระยะหนึ่งผู้ปฏิบัติงานจะเกิดความเมื่อยล้าและเกิดการบาดเจ็บสะสมได้

2. ผู้ปฏิบัติงานยืนหลังตรงไม่เอียงตัวไปข้างหน้าหรือข้างหลังไม่ยืนหลังงอหรือท้อไหล่และไม่ควรเอื้อมมือไปหยิบสิ่งของที่อยู่ระดับสูงกว่าหัวไหล่และระดับต่ำกว่ามือจนต้องก้มตัวลง ส่วนศีรษะของผู้ปฏิบัติงานต้องไม่เงยหรือก้มมากเกินไป

3. ควรจัดให้มีแท่นรองรับชิ้นงานสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่มีความสูงมากหรือแทนยกพื้นสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่เตี้ยให้สามารถยืนทำงานได้อย่างเหมาะสม

4. ควรจัดให้มีแผ่นปูรองพื้นที่ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่น ไม่ลื่น และสะอาด

5. บริเวณที่ยืนทำงานนั้นต้องไม่มีสิ่งกีดขวางเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถขยับเท้าทั้งสองเคลื่อนที่ไปมาได้ อย่างอิสระเพื่อช่วยลดความเมื่อยล้าและเครียดของกล้ามเนื้อ

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. เพื่อให้บรรเทาความเจ็บปวดทรมาน และช่วยให้กลับสู่สภาพเดิมโดยเร็ว
4. เพื่อป้องกันความพิการที่จะเกิดขึ้นตามมาภายหลัง

หลักการทั่วไปในการปฐมพยาบาลนั้นจำเป็นต้องกระทำโดยเร็วที่สุดซึ่งต้องคำนึงถึงกลุ่มบุคคลสองกลุ่มคือ ผู้ช่วยเหลือ ซึ่งมักเป็นบุคคลที่อยู่ในเหตุการณ์ขณะนั้น และผู้บาดเจ็บหรือผู้ป่วย

ขั้นตอนการช่วยเหลือเมื่อพบผู้ประสบเหตุฉุกเฉิน มีดังนี้

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

ห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ ควรมีอุปกรณ์ที่ใช้ปฐมพยาบาลหรือปฐมพยาบาล ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังนี้

1. ชุดยาปฐมพยาบาลเบื้องต้น ได้แก่ น้ำยาล้างแผล ยาใส่แผลสด ยาแก้ปวด ยาทาบรรเทาอาการจากแผลไฟไหม้ หรือน้ำร้อนลวก ยาดม
2. อุปกรณ์การปฐมพยาบาล เช่น ผ้าพันแผลที่ผ่านการฆ่าเชื้อ กรรไกร สำลี เข็มกลัด แก้วล้างตา พลาสเตอร์ ผ้ายัด เป็นต้น
3. คู่มือการใช้ยาชนิดต่างๆ

ตู้หรืออุปกรณ์ปฐมพยาบาลควรอยู่ในตำแหน่งที่สามารถหยิบได้สะดวก และมีแสงสว่างเพียงพอ นอกจากนี้ควรมีเบอร์โทรศัพท์ 1669 หรือเบอร์ของโรงพยาบาลที่อยู่ใกล้เคียงติดอยู่ที่ตู้ปฐมพยาบาลหรือสถานที่เก็บอุปกรณ์ปฐมพยาบาลให้เห็นชัดเจนและมอบหมายให้มีผู้รับผิดชอบอุปกรณ์หรือตู้ปฐมพยาบาลเพื่อตรวจสอบดูแลให้พร้อมใช้เสมอหน่วยงานควรจัดให้มีการอบรมเจ้าหน้าที่ในท้องปฏิบัติเกี่ยวกับการปฐมพยาบาลเพื่อสามารถช่วยเหลือผู้ป่วยเบื้องต้นก่อนนำส่งแพทย์ อย่างไรก็ตามพึงระลึกไว้เสมอว่าการปฐมพยาบาลนั้นสามารถทำได้หากประเมินแล้วอยู่ในวิสัยที่สามารถจะกระทำหากไม่แน่ใจหรือลักษณะการบาดเจ็บรุนแรงต้องรีบประสานงานกับหน่วยแพทย์หรือผู้เกี่ยวข้องโดยตรง

การปฐมพยาบาลผู้ได้รับบาดเจ็บ

แตกต่างกันตามลักษณะของการบาดเจ็บ หรืออันตรายดังต่อไปนี้

1. การดูแลบาดแผลจากของมีคมและแผลเข็มทิ่มตำ เมื่อเกิดบาดแผลให้แก้ไขดังนี้

- ทำความสะอาดบาดแผลด้วยสบู่และน้ำสะอาดแล้วเช็ดด้วยแอลกอฮอล์
- ปิดแผลด้วยพลาสติก

ข้อควรคำนึง

กรณีมีแผลใหญ่และลึก หรือห้ามเลือดไม่ได้ต้องพบแพทย์และบอกสาเหตุเพื่อรับการรักษาให้เร็วที่สุด นอกจากนี้ควรเจาะเลือดเพื่อดู seroconversion ของเชื้อที่สามารถติดทางเลือดได้เช่น ไวรัสตับอักเสบบี ไวรัสเอดส์ เป็นต้นและต้องมีการติดตามดูอาการของผู้ที่ได้รับอุบัติเหตุ จนแน่ใจว่าไม่มีการติดเชื้อหากมีการติดเชื้อต้องได้รับการรักษาอย่างต่อเนื่อง

2. แผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก พิจารณาเป็น 2 กรณี ดังนี้

- **กรณีเฉพาะชั้นผิวหนัง** ระบายความร้อนออกจากแผล โดยใช้ผ้าชุบน้ำประคบบริเวณบาดแผล แช่ลงในน้ำหรือเปิดให้น้ำไหลผ่านบริเวณบาดแผลตลอดเวลา นานประมาณ 10 นาที ซึ่งจะช่วยบรรเทาความเจ็บปวดได้ทำด้วยยาทาแผลไหม้ห้ามเจาะถุงน้ำหรือตัดหนังส่วนที่พองออก ปิดบริเวณแผลด้วยผ้าสะอาดเพื่อป้องกันการติดเชื้อ ถ้าแผลไหม้มีบริเวณกว้าง หรืออวัยวะที่สำคัญต้องรีบนำส่งโรงพยาบาล

- **กรณีลึกถึงเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง** ไม่ต้องระบายความร้อนออกจากบาดแผลเพราะจะทำให้แผลติดเชื้อมากขึ้นห้ามใส่ยาใดๆทั้งสิ้นลงในบาดแผลใช้ผ้าสะอาดห่อตัวผู้บาดเจ็บเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกให้ความอบอุ่นและรีบนำส่งโรงพยาบาล

3. บาดแผลจากกระแสไฟฟ้าช็อต อาจทำให้เกิดแผลไหม้ เนื้อเยื่อที่ลึกจากผิวหนังอาจจะได้รับผลกระทบด้วย แต่จะใช้เวลาประมาณ 2-3 วัน จึงจะแสดงอาการออกมา ผู้ป่วยที่ถูกไฟฟ้าดูดติดอยู่กับบริเวณที่สัมผัส จะทำให้เกิดการไหม้ที่รุนแรง ควรปฏิบัติ ดังนี้

- ทำการดึงผู้ป่วยออกจากกระแสไฟฟ้า วิธีที่ง่ายที่สุด คือ ตัดกระแสไฟฟ้าโดยการปิด สวิตช์ แต่ถ้าไม่สามารถกระทำได้โดยวิธีนี้ ต้องดึงผู้ป่วยออกจากกระแสไฟฟ้า โดยยืนบนกระดานที่ไม่เปียกน้ำ หรือยืนบนวัสดุที่เป็นฉนวนชนิดอื่น เช่น แผ่นยาง

- เมื่อดึงผู้ป่วยออกจากกระแสไฟฟ้าแล้วลงมือกระตุ้นหัวใจและผายปอดให้ทันที ต้อง ช่วยเหลือจนกระทั่งผู้ป่วยหายใจได้ และควรรีบนำส่งโรงพยาบาลทันทีหากผู้ป่วยมีอาการหนัก

4. สารกระตุ้นเข้าตา ควรปฏิบัติ ดังนี้

- ล้างตาทันที โดยลืมตาและกรอกรตาในน้ำนานๆ
- สารเคมีที่เป็นด่างเข้าตา ให้ล้างด้วยสารละลายกรดโบริก
- สารเคมีที่เป็นกรดเข้าตา ให้ล้างด้วยสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตเจือจาง
- สารชีวภาพหรือจุลชีพเข้าตา หรือหลังล้างตาแล้วมีอาการอักเสบ ต้องรีบไปพบแพทย์

5. การดื่มหรือกลืนสารพิษ ควรปฏิบัติ ดังนี้

- ล้างปากให้สะอาด
- ต้องทราบว่ากลืนสารอะไร
- ดื่มน้ำหรือนมหรือไข่ขาวเพื่อให้สารพิษในกระเพาะเจือจาง
- ดื่ม activated charcoal เพื่อดูดสารพิษในกระเพาะ
- ทำให้อาเจียนและไปพบแพทย์ข้อควรระวังคือห้ามทำให้อาเจียนหากผู้ป่วยหมดสติ หรือดื่มกรดหรือด่างอย่างแรงรวมถึงน้ำมันและทินเนอร์
- ถ้ากลืนจุลชีพ ให้รีบไปพบแพทย์และบอกชนิดของจุลชีพที่กลืนเข้าไป

6. แก๊สรั่ว ควรปฏิบัติ ดังนี้

- นำผู้ป่วยออกไปยังบริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์
- ควรปลดเสื้อผ้าที่บริเวณคอและเอวให้หลวม และให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย
- ทำการช่วยเหลือโดยการให้ออกซิเจน หากไม่มีออกซิเจนควรผายปอดให้ด้วยวิธีปากต่อปากไปเรื่อยๆ จนกระทั่งผู้ป่วยหายใจเองได้
- หากผู้ป่วยได้รับแก๊สพิษ ควรอยู่ภายใต้การดูแลของแพทย์

7. ขั้นตอนการช่วยชีวิตเบื้องต้นอื่นๆ

7.1 CPR (cardiopulmonary resuscitation) เป็นการช่วยชีวิตพื้นฐาน ซึ่งเป็นการปฐมพยาบาลเบื้องต้นที่ใช้ฟื้นคืนชีพให้ผู้ที่หยุดหายใจหรือหัวใจหยุดเต้นกลับมามีชีวิตดังเดิม กระทำเมื่อเช็คชีพจรแล้วไม่มีการเต้นของหัวใจ เป็นวิธีการช่วยเหลือในภาวะฉุกเฉินร้ายแรง เพื่อให้ระบบไหลเวียนในเลือดผู้ป่วยกลับมาเป็นปกติ โดยการนำออกซิเจนเข้าร่างกาย และทำให้หัวใจเต้น สูดเลือดไปเลี้ยงสมอง สามารถช่วยชีวิตผู้ป่วยที่หมดสติเฉียบพลัน ถูกไฟฟ้าช็อต เป็นต้น วิธีการทำ CPR ประกอบด้วย

- ตรวจสอบว่าผู้ป่วยหมดสติ โดยการเรียกและตีที่ไหล่เบาๆ
- จัดให้ผู้ปวยนอนหงายราบกับพื้นแข็งและตรวจดูในปากว่ามีสิ่งแปลกปลอมอยู่หรือไม่ ถ้ามีให้นำออก
- เปิดทางเดินหายใจโดยดันหน้าผากและยกคางให้ใบหน้าหงายขึ้น
- ตรวจสอบว่าผู้ป่วยหายใจหรือไม่โดยการฟังเสียงลมหายใจ ประกอบกับการขยับขึ้นลงของหน้าอกผู้ป่วย
- ถ้าผู้ป่วยไม่หายใจ ให้ดำเนินการทำ CPR ดังนี้

กดหน้าอก 30 ครั้ง โดยจัดทำให้ผู้ป่วยนอนหงาย วางนิ้วชี้และนิ้วกลางตรงตำแหน่งที่กระดูกซี่โครงต่อกับกระดูกอกส่วนล่างสุด วางสันมืออีกข้างบนตำแหน่งถัดจากนิ้วชี้และนิ้วกลางนั้น ซึ่งตำแหน่งของสันมือที่วางอยู่บนกระดูกหน้าอกนี้จะเป็นตำแหน่งที่ถูกต้องในการปั๊มหัวใจต่อไป จากนั้นวางมืออีกข้างที่ถนัด ทับลงบนหลังมือที่วางในตำแหน่งที่ถูกต้อง แล้วเหยียดนิ้วมือตรง เกี่ยวนิ้วมือทั้ง 2 ข้างเข้าด้วยกัน เหยียดแขนตรง โนม้ตัวตั้งฉากกับหน้าอกผู้บาดเจ็บ ทิ้งน้ำหนักลงบนแขนขณะกดหน้าอกผู้บาดเจ็บ เริ่มการกดหน้าอกด้วยความลึกอย่างน้อย 2-2.4 นิ้ว ในอัตราเร็ว 100-120 ครั้ง/นาที

7.2 การใช้เครื่องช็อกไฟฟ้าหัวใจอัตโนมัติ หรือ AED (automatic external defibrillator) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าหัวใจของผู้ป่วยรวมกับการรักษา กรณีผู้ป่วยไม่รู้สึกร่างและหมดสติ หรือผู้ป่วยมีอาการแน่นหน้าอกแล้วหมดสติ รวมทั้งกรณีผู้ป่วยได้รับอุบัติเหตุจากการถูกไฟฟ้าช็อกที่ไม่รู้สึกร่างและหมดสติ ซึ่งมีวิธีการดังนี้

- เปิดเครื่อง ซึ่งเมื่อเปิดเครื่องแล้วจะมีเสียงบอกให้รู้ว่าต้องทำอะไรต่อไปอย่างเป็นขั้นตอน
- ติดแผ่นนำไฟฟ้าแนบเข้ากับหน้าอกของผู้ป่วย โดยให้แน่ใจว่าหน้าอกของผู้ป่วยแห้งสนิท ไม่เปียกเหงื่อหรือน้ำ การติดแผ่นนำไฟฟ้า เริ่มต้นด้วยการลอกแผ่นพลาสติกด้านหลัง จากนั้นนำแผ่นหนึ่งติดไว้ที่ได้กระดูกไหปลาร้าด้านขวา อีกแผ่นหนึ่งติดได้ร้าวนมซ้ายด้านข้างลำตัว ตรวจสอบให้แน่ใจว่าสายไฟฟ้าจากแผ่นนำไฟฟ้าต่อเข้ากับตัวเครื่องเรียบร้อยแล้ว
- ให้เครื่อง AED วิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าหัวใจ ระหว่างนั้นห้ามสัมผัสตัวผู้ป่วยโดยเด็ดขาด
- ถ้าเครื่อง AED พบว่าคลื่นไฟฟ้าของผู้ป่วยเป็นชนิดที่ต้องการการรักษาด้วยการช็อกไฟฟ้าหัวใจ เครื่องจะบอกให้เรากดปุ่ม “SHOCK” ซึ่งก่อนที่จะกดปุ่มดังกล่าว ห้ามสัมผัสตัวของผู้ป่วยโดยเด็ดขาด

- ในกรณีที่เครื่อง AED แจ้งเตือนว่าไม่ต้องช็อก หรือ “No shock is needed” หรือ “start CPR” ให้เริ่มช่วยฟื้นชีวิตขั้นพื้นฐานแบบ CPR ได้ทันที

ทั้งนี้ การทำ CPR และการใช้เครื่อง AED ผู้กระทำควรต้องผ่านการอบรมทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ

บทที่ 17

ความปลอดภัยทางชีวภาพและเทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรม (Biosafety and Recombinant DNA Technology)

ความปลอดภัยทางชีวภาพและเทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรม ในที่นี้ หมายถึง แนวคิดในการพิจารณาถึงผลกระทบ และประเมินความเสี่ยงหรืออันตรายต่อความปลอดภัยของสุขภาพมนุษย์ ความหลากหลายทางชีวภาพ อันอาจเกิดจากการวิจัย ทดลองและพัฒนาการเคลื่อนย้าย การจัดการ และการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตที่เป็นจุลชีพ รวมถึงจุลชีพที่ได้รับการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมโดยใช้เทคโนโลยีพันธุวิศวกรรมในส่วนที่มีการควบคุมซึ่งเป็นการปฏิบัติงานภายในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์เท่านั้น

เทคโนโลยีตัดแต่งพันธุกรรมหมายถึงการผสมสารพันธุกรรมจากแหล่งที่มาต่างกันเพื่อสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม (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

ข้อควรพิจารณาด้านความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับการแสดงออกของชิ้นยีนบนพาหะ

ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพที่สูงขึ้นอาจจำเป็นต้องใช้เมื่อ:

1. มีการสังเคราะห์สารจากดีเอ็นเอของจุลชีพก่อโรค ซึ่งอาจจะเพิ่มความรุนแรงได้ในสิ่งมีชีวิต GMO
2. ชิ้นส่วนดีเอ็นเออย่างไม่เคยถูกศึกษาคุณลักษณะเฉพาะ เช่น ระหว่างการสร้าง genomic DNA library จากจุลชีพก่อโรค

3. ผลิตภัณฑ์จากยีนมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา
4. ผลิตภัณฑ์จากยีนเป็นสารพิษ

พาหะยีนที่เป็นไวรัสสำหรับการขนถ่ายยีน

พาหะยีนที่เป็นไวรัส(viral vector) เช่น adenovirus vectors ได้ถูกใช้สำหรับการขนถ่ายยีนเข้าสู่เซลล์อื่นพาหะเหล่านี้ไม่มียีนที่จำเป็นสำหรับการเพิ่มจำนวนจึงต้องเพิ่มจำนวนในเซลล์เพาะเลี้ยงการเก็บสำรองพาหะเหล่านี้อาจมีการปนเปื้อนด้วยไวรัสที่สามารถเพิ่มจำนวนได้ซึ่งอาจจะเกิดจากกระบวนการ spontaneous recombination ในเซลล์เพาะเลี้ยงหรืออาจได้มาจากขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ที่ไม่ดีพอดังนั้นพาหะเหล่านี้ควรได้รับการจัดการในที่มีความปลอดภัยทางชีวภาพระดับเดียวกับไวรัสต้นแบบ

การประเมินความเสี่ยงสำหรับสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม

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

ความอันตรายที่เกิดขึ้นโดยตรงจากยีนที่ใส่ (สิ่งมีชีวิตผู้ให้; donor organism)

การประเมินมีความจำเป็นในกรณีผลิตภัณฑ์ยีนที่ใส่เข้าไปนั้นมีคุณสมบัติทางด้านชีวภาพและเภสัชวิทยา ที่อาจทำให้เกิดอันตรายได้ตัวอย่างเช่น

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. ความไวของสิ่งมีชีวิตที่ดัดแต่งพันธุกรรมต่อยาปฏิชีวนะหรือการรักษา มีผลกระทบมาจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมหรือไม่
7. การทำลายสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมเป็นไปได้หรือไม่

ข้อควรคำนึงเพิ่มเติม

การทดลองที่เกี่ยวข้องกับการดัดแปลงพันธุกรรมจุลชีพ ควรมีการพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วนผู้ทดลองต้องทำตามข้อกำหนดสำหรับการทดลองที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตที่ดัดแต่งพันธุกรรมของประเทศหรือสถาบันอย่างเคร่งครัดหน่วยงานหรือสถาบันที่มีกิจกรรมเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมควรมีการจัดตั้งคณะกรรมการดังนี้

1. คณะกรรมการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับหน่วยงาน (institutional biosafety committee; IBC) เพื่อทำหน้าที่สำคัญในการพิจารณา ให้คำแนะนำและตรวจสอบการดำเนินงานหรือโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่รวมทั้งมีบทบาทในการตรวจสอบมาตรฐานของห้องปฏิบัติการ และการหลุดรอดของสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมจากห้องปฏิบัติการ เพื่อให้เป็นไปตามแนวทางปฏิบัติความปลอดภัยทางชีวภาพ ทั้งนี้ให้หมายรวมถึงคณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพตามกฎหมายว่าด้วยเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ด้วย

คณะกรรมการความปลอดภัยทางชีวภาพระดับหน่วยงาน ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ มีหน้าที่พิจารณาและกำหนดแนวทางปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางชีวภาพ ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เพื่อใช้กำกับดูแลการวิจัยทดลอง และการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ และเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ และใช้เป็นแนวทางในการพิจารณารับรองข้อเสนอโครงการการวิจัย/บริการวิชาการ ของหน่วยงานในสังกัด

ข้อมูลจาก website <https://www.biotec.or.th/ibc/index.php/ibc-7/>

คณะ IBC กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

คณะกรรมการความมั่นคงและปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

ชื่อ	ตำแหน่ง
1. นายสุพรรณ ศรีธรรมมา รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์	ประธานกรรมการ
2. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ สาธารณสุข หรือผู้แทน	กรรมการ
3. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยสมุนไพรมหิดล หรือ ผู้แทน	กรรมการ
4. ผู้อำนวยการกองรังสีและเครื่องมือแพทย์ หรือผู้แทน	กรรมการ
5. ผู้อำนวยการกองเครื่องสำอางและวัตถุ อันตราย หรือผู้แทน	กรรมการ
6. ผู้อำนวยการกองชีววัตถุ หรือผู้แทน	กรรมการ
7. ผู้อำนวยการกองอาหาร หรือผู้แทน	กรรมการ
8. ผู้อำนวยการกองอาหารส่งออก หรือผู้แทน	กรรมการ
9. ผู้อำนวยการกองวัตถุเสพติด หรือผู้แทน	กรรมการ
10. ผู้อำนวยการกองยา หรือผู้แทน	กรรมการ
11. ผู้อำนวยการสำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ หรือผู้แทน	กรรมการ
12. ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ สมุทรสงคราม หรือผู้แทน	กรรมการ
13. นางสุรางค์ เดชศิริเลิศ นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 9 ชข	กรรมการ
14. นางสาวสุมล ปวีตรานนท์ นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 9 ชข	กรรมการ
15. นางสาวนภวรรณ เจนใจ นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 8 ว	กรรมการ
16. นางเรวดี บุตราภรณ์ นายสัตวแพทย์ 6 ว	กรรมการ
17. นายวัฒนา อุ้วาณิชย์ นักเทคนิคการแพทย์ 8 วช	กรรมการ และเลขานุการ
18. นางสาวนพนิชฐ์ สัจจานนท์ นายสัตวแพทย์ 6 ว	กรรมการ และ ผู้ช่วยเลขานุการ

19. นายภาคย์ สมหา
เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป 3

กรรมการ
และ
ผู้ช่วยเลขานุการ

2. คณะกรรมการเทคนิคด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ (technical biosafety committee; TBC) เพื่อทำหน้าที่ให้คำปรึกษาด้านเทคนิคในการดำเนินกิจกรรมเกี่ยวกับการวิจัยด้านเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ ให้เป็นไปตามแนวทางปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางชีวภาพ 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 การกำจัดและการจัดการอื่นๆ เพื่อให้การดำเนินการเกี่ยวกับสารเคมีนั้นเป็นไปอย่างถูกต้องและปลอดภัยสามารถขอได้จากบริษัทผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายในปัจจุบันตามประกาศของสหประชาชาติ เรื่องระบบการจำแนกและการติดฉลากสารเคมีที่เป็นระบบเดียวกันทั่วโลก (the globally harmonized system of classification and labeling of chemicals, GHS) เพื่อให้เกิดความสอดคล้องและเป็นระบบเดียวกัน ได้กำหนดให้เรียกว่า safety data sheet (SDS) พร้อมทั้งได้กำหนดรูปแบบและข้อมูลใน 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 กลุ่มคือ

1. สารไวไฟ (flammable chemicals)
2. สารระเบิดได้ (explosive chemicals)
3. สารเป็นพิษ (toxic chemicals)
4. สารกัดกร่อน (corrosive chemicals)
5. สารกัมมันตรังสี (radioactive chemicals)
6. 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 ควรมีภาชนะสำรองในกรณีที่เกิดการแตกหรือภาชนะรั่วจะได้เปลี่ยนได้ทันที
6. ภาชนะเก็บสารที่ใหญ่และหนักไม่ควรเก็บในที่สูงเพื่อจะได้สะดวกในการหยิบใช้
7. ขวดไม่ควรวางบนพื้นโดยตรง หรือไม่ควรวางซ้อนบนขวดอื่นและมีระยะห่างกันพอสมควรระหว่างชั้นที่เก็บสารไม่ควรวางสารตรงทางแคบ หรือใกล้ประตูหรือหน้าต่าง
8. ไม่ควรจัดเรียงสารตามลำดับตัวอักษร ควรเก็บสารตามลำดับการเข้ามาก่อนหลัง และต้องใช้ก่อนหมดอายุ
9. ควรแยกเก็บสารเคมีในปริมาณน้อยโดยใช้ภาชนะบรรจุขนาดเล็ก บริเวณที่เก็บสารควรรักษาความสะอาดมีความเป็นระเบียบเรียบร้อยอย่างสม่ำเสมอ และมีการจัดเรียงอย่างมีระบบ
10. ต้องมีอุปกรณ์ดับเพลิง อุปกรณ์ป้องกันภัย และเครื่องปฐมพยาบาลพร้อมในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน

การเก็บสารเคมีต้องคำนึงถึงความไวในปฏิกิริยา การเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี (ดูรายละเอียดของสารเหล่านี้ได้ในภาคผนวก) และการหมดอายุของสารเคมีโดยสามารถดูได้จากฉลากข้างบรรจุภัณฑ์ แต่กรณีไม่มีการระบุไว้บนฉลาก ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

- ตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพของสารเคมีว่าไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เช่น ความหนืด, ความหนาแน่น, สี, pH ตามคุณลักษณะของสารเคมี
- หาข้อมูลจากเว็บไซต์ของบริษัทผู้ผลิต
- ติดต่อกับผู้จำหน่ายหรือผู้ผลิตสารเคมีนั้น ให้ออกเอกสารรับรองคุณภาพ และหรือกำหนดวันหมดอายุของเคมี
- โดยปกติสารเคมีจะมีอายุการใช้งานเฉลี่ยประมาณ 2 ปี นับจากวันผลิตทั้งนี้ต้องเก็บอยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสม
- ทำการทดสอบสารเคมีก่อนนำไปใช้ ว่าสามารถใช้ได้จริงโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงาน

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 โดยการสัมผัสจากการสัมผัสที่ผิวหนังและการฉีกหรือที่มแทง อาการจากการที่สารเคมีเข้าสู่ทางผิวหนังอาจเกิดการระคายเคือง ผิวหนังถูกทำลายถาวร และอาจเกิดมะเร็งผิวหนัง เป็นต้น

การจัดการกับสารเคมีหกหล่นในห้องปฏิบัติการ

สำหรับแนวทางปฏิบัติในการกำจัดสารที่หกหล่น หากเป็นสารเคมีอันตรายและทำหกเป็นปริมาณมากควรคำนึงถึงการระเบิด การติดไฟ ความเป็นพิษ และการขาดออกซิเจนสำหรับหายใจเมื่อพิจารณาว่าสารเคมีชนิดนั้นคืออะไร เป็นของแข็งหรือของเหลวทำหกบริเวณใดบนพื้น บนดินหรือในน้ำ มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ ปริมาณที่ทำหก สภาพแวดล้อมใกล้เคียง และอันตรายที่อาจเกี่ยวข้อง เพื่อการดำเนินการทำความสะอาดและกำจัดตามขั้นตอนอย่างถูกต้องเหมาะสม โดยทั่วไปถ้าเป็นของเหลวจะใช้ตัวดูดซับเฉพาะหรือใช้ทรายดูดซับในบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุแล้วรวบรวมนำไปกำจัดด้วยวิธีที่เหมาะสม ระมัดระวังไม่ให้เกิดการสัมผัสร่างกายโดยตรงหรือการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองหรือไอระเหย ห้องปฏิบัติการควรมีขั้นตอนดำเนินการสำหรับสารเคมีที่หกดังนี้

1. การเตรียมวัสดุอุปกรณ์สำหรับการจัดการสารเคมีที่หก ได้แก่

- วัสดุดูดซับ เช่น ทราายแห้ง ซีลี้อย กระดาษซับแผ่นใหญ่ ฟองน้ำ
- อุปกรณ์ตัก กวาด รองรับสารที่หกหล่น เช่น แปรงขนแข็ง ถาดพลาสติก
- สารเคมีสำหรับการสะเทิน เช่น โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate) และโซเดียมไบซัลเฟต (sodium bisulfate) ซึ่งต้องดำเนินการโดยผู้ที่ได้รับมอบหมายเท่านั้น และเตรียมวิธีการทำลายสารเคมีและวัสดุดูดซับที่ใช้แล้ว
- อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมกับชนิดของสารเคมี

2. การจัดการทั่วไปเมื่อมีสารเคมีหกหล่น ได้แก่

- แจ้งเตือนเจ้าหน้าที่ผู้ที่มีโอกาสเข้าสัมผัสให้ทราบถึงบริเวณที่มีสารเคมีหกหล่นกันให้ผู้ไม่เกี่ยวข้องออกจากพื้นที่
- เมื่อมีสารเคมีหกในปริมาณน้อย (น้อยกว่า 10 มิลลิลิตร) ใช้กระดาษซับทิ้งในภาชนะที่เหมาะสม หากหกในปริมาณมากและเป็นสารไม่ไวไฟและไม่ระเหย ให้ใช้สารดูดซับ ถ้าเป็นกรดใช้ตัวสะเทินปฏิกิริยา (neutralizer) เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนต
- หากสารไวไฟหก ต้องปิดแหล่งความร้อนและประกายไฟ
- ระหว่างการเก็บและทำความสะอาดพื้นที่ ต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตราย เช่น หน้ากาก ถุงมือ
- ใช้วัสดุดูดซับ เช่น ทราาย กระดาษซับ หรือฟองน้ำ ในการดูดซับหรือป้องกันการกระจายของสารเคมีของเหลว
- ตักสารเคมีที่หกหรือวัสดุดูดซับสารเคมีที่ใช้แล้ว ใส่ภาชนะที่เหมาะสม ระบุฉลากให้ชัดเจนว่าดูดซับสารเคมีอะไร ปริมาณประมาณเท่าใด
- วัสดุที่ดูดซับสารเคมีที่ระเหยง่าย นำไปไว้ในตู้ดูดควันให้สารเคมีระเหยไปก่อน แต่ต้องระวังการเกิดประกายไฟ
- เมื่อกำจัดสารเคมีที่หกแล้ว ควรทำความสะอาดพื้นที่ให้สะอาด โดยใช้ไม้ถูพื้นด้ามยาว

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์บริการกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. คู่มือปฏิบัติด้านความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ
กรมวิทยาศาสตร์บริการ. กรุงเทพฯ: กรมวิทยาศาสตร์บริการกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี;
2558.
- กลุ่มพัฒนาระบบบริหารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. แผนบริหารความเสี่ยงต่อปฏิบัติการ (Operations) จาก
ภาวะฉุกเฉิน กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ประจำปี พ.ศ. 2556. นนทบุรี: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
กระทรวงสาธารณสุข; 2556.
- กำธร มาลาธรรม, สุสันท์ อาศนะเสน, บรรณาธิการ. คู่มือการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล.
นนทบุรี: สถาบันบำราศนราดูร กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์
การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2556.
- คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเฉลิมพระเกียรติหัวเฉียว. คู่มือความปลอดภัยใน
ห้องปฏิบัติการ. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ;
2554.
- คณะกรรมการเทคนิคด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ.
แนวทางปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่.
พิมพ์ครั้งที่ 9. ปทุมธานี: บริษัท พี.เอ. ลีฟวิ่ง; 2559.
- คณะอนุกรรมการความปลอดภัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล. แนวปฏิบัติด้านอนามัย
สิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ทองสุขพันธ์; 2555.
- คณีน อุ่นจิตติ. ความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการ. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี: สำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ
กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์; 2550.
- โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย, ลักษณะทางกายภาพของห้อง
ปฏิบัติการ หน้า อ. 6-1 – 13. แนวปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ. กรุงเทพฯ: สำนักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2555.
- คู่มือการประเมินคุณภาพการจัดการมูลฝอยติดเชื้อสำหรับโรงพยาบาล. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 28 ก.ย.
2560]. เข้าถึงได้จาก: <http://env.anamai.moph.go.th/download/download/pdf/2557/>.
- คู่มือการสวมใส่และถอดชุดป้องกันตน (Donning and Removing Personal Protective Equipment)
สำหรับผู้ปฏิบัติงานป้องกันและควบคุมโรคของกระทรวงสาธารณสุข. สำนักโรคติดต่ออุบัติใหม่กรม
ควบคุมโรค. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 10 มิ.ย. 2560]. เข้าถึงได้จาก:
http://beid.ddc.moph.go.th/media/document_detail.php?id=46

- จุฬาลักษณ์ บางเหลือ. โครงสร้างพื้นฐานสำหรับห้องปฏิบัติการ. ใน: วงศ์วรุตม์บุญญาโกมล, บรรณาธิการ. คู่มือความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ(Manual of Laboratory Safety)ห้องปฏิบัติการกลางสำหรับการเรียนการสอนและวิจัย โครงการจัดตั้งวิทยาเขตอำนาจเจริญ มหาวิทยาลัยมหิดล. อำนาจเจริญ: มหาวิทยาลัยมหิดล; 2557. หน้า4 -15.
- ชลภัทร สุขเกษม, สุดา ลุยศิริโรจนกุล, สหพัฒน์ บัณฑิตวิวัฒน์ วิริยะรัตน์, บรรณาธิการ. ความปลอดภัยและความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการทางการแพทย์และสัตว์แพทย์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์อักษรสมัย (1999); 2554.
- ฐนิตา ทวีธรรมเจริญ. โครงการพัฒนาสูตรน้ำยาฆ่าเชื้อที่มี Chlorhexidineและส่วนผสม [Internet]. 2009 [cited 2016 Dec 14]. Available from: http://www.si.mahidol.ac.th/km/admin/add_information/star/star_files/337_1.pdf
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ลักษณะของสถานที่ผลิตและมีไว้ในครอบครอง และการดำเนินการเกี่ยวกับเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ.2561 ประกาศ ณ วันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2561.
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4386 (พ.ศ.2554) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ.2511 เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สี และเครื่องหมายเพื่อความปลอดภัย เล่ม 1 สี และรูปแบบ เล่ม 2 สมบัติทางสีและแสงของวัสดุ และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสีและเครื่องหมายเพื่อความปลอดภัย ประกาศ ณ วันที่ 19 ธันวาคม พ.ศ. 2554.
- ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรมเรื่องคู่มือการเก็บรักษาสารเคมีและวัตถุอันตราย พ.ศ. ๒๕๕๐. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ มิ.ย. 2560]. เข้าถึงได้จาก: <http://eis.diw.go.th/haz/hazard/pdf/pagad-kep-2550.pdf>
- พระราชบัญญัติเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ. 2558.
- วิษณุ ธรรมลิขิตกุล, บรรณาธิการ. เวชบัณฑิตศิริราช. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาอายุรศาสตร์คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาลมหาวิทยาลัยมหิดล; 2554.
- สุมล ปวีตรานนท์, ศิริพรรณ วงศ์วานิช, อรอนงค์ รัชตราชนชัย, บรรณาธิการ. แนวทางการดำเนินการความมั่นคงด้านชีวภาพทางห้องปฏิบัติการ. นนทบุรี: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข; 2552.
- สุวิทย์ แวนเกตุ. ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (Biological Indicator). [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ ก.ค. 2560]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.cssd-gotoknow.org/2015/02/biological-indicator.html>.
- สำนักงานวิจัย วิชาการและนวัตกรรม. แนวปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี; 2559.

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือการประเมินความเสี่ยงจากการทำงานของบุคลากรในโรงพยาบาล (ฉบับปรับปรุงแก้ไข พ.ศ. 2554). นนทบุรี: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2554.

สำนักโรคติดต่ออุบัติใหม่ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือการสวมใส่และถอดชุดป้องกันตน (Donning and Removing Personal Protective Equipment) สำหรับผู้ปฏิบัติงานป้องกันและควบคุมโรคของกระทรวงสาธารณสุข: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2552.

สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือการฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานมูลฝอยติดเชื้อ หลักสูตรการป้องกันและระงับการแพร่เชื้อหรืออันตรายที่อาจเกิดจากมูลฝอยติดเชื้อ. พิมพ์ครั้งที่ 3. นนทบุรี: โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ; 2558.

อรอนงค์ รัชตราเซนชัย และคณะ. คู่มือการใช้ตู้ชีวอนามัยอย่างถูกต้องปลอดภัยสถาบันวิจัย วิทยาศาสตร์สาธารณสุข, กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, .นนทบุรี : 2557.

Biosafety Cabinetry: Design, Construction, Performance, and Field Certification. NSF/ANSI 49, NSF International Standard/American National Standard: 2019.

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.

Biosafety in microbiological and biomedical laboratories. 6th ed. 2020.

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>.

cdc.gov [internet]. Biosafety in microbiological and biomedical laboratories. 6th ed. 2020 [cited 2022 Aug. 30]. Available from: https://www.cdc.gov/labs/pdf/SF__19_308133-A_BMBL6_00-BOOK-WEB-final-3.pdf

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.

CWA 15793:2011 Laboratory biorisk management standard. [internet]. [cited 2017 July 10]. Available from: http://www.uab.cat/doc/CWA15793_2011

Disaster.go.th. [internet]. Available from: www.disaster.go.th/th/download-src.php?did=1107.

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.

- Laboratory. Safety Design Standard, SDS03 v.01. Health, Safety and Environmental Protection Office. King's Collage: London: 2012.
- Louis J. DiBerardinis, Janet S. Baum, Melvin W. First, Gari T. Gatwood, Anand K. Seth., Guidelines for Laboratory Design: Health, Safety, and Environmental Considerations, 4 ed., 2013.
- Medi.moph.go.th. [internet]. Available from: http://medi.moph.go.th/kpi/DATAKPI/st_51.pdf.
- Shawpat.or.th. [internet]. Available from: www.shawpat.or.th
- TanitaThaweethamcharoen, M. Pharm, SiriwanSasithornrojanachai. Confidence in the Daily use of Antiseptic Alcohol. Siriraj Med J 2009; 61: 78-81.
- World Health Organization. Guidance on regulations for the Transport of Infectious Substances 2015–2016. WHO/HSE/GCR/2015.2.
- World Health Organization. Laboratory biosafety manual. 3rded. Geneva: 2004.
- World Health Organization. Laboratory biosafety manual. 4th ed. 2020.

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. cumenehydroperoxide	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

สารเคมี	สารเคมีที่เข้ากันไม่ได้
33. oxalic acid	silver, mercury
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

คณะผู้จัดทำคู่มือความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 2563

คณะทำงานด้านความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ

1. นางสาวอรอนงค์ รัชตราเซนชัย ที่ปรึกษา
2. นางสาวบุษรารวรรณ ศรีวรรณะ ประธานคณะทำงาน
ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์การแพทย์
(จุลชีววิทยา) สำนักวิชาการวิทยาศาสตร์การแพทย์
3. นางสาวมาลินี จิตตกานต์พิชัย รองประธานคณะทำงาน
ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์การแพทย์
(ภูมิคุ้มกันวิทยา) สำนักวิชาการวิทยาศาสตร์การแพทย์
4. นางจุฑามาศ ศิริปาณี คณะทำงาน
นักเทคนิคการแพทย์ชำนาญการพิเศษ
สำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ
5. นางสาวนวชนิษฐ์ สัจจานนท์ คณะทำงาน
นายสัตวแพทย์ชำนาญการพิเศษ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข
6. นางปานทิพย์ ศิริโชติ คณะทำงาน
นักเทคนิคการแพทย์ชำนาญการพิเศษ
ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ ๕ สมุทรสงคราม
7. นายกรพงศ์ ภิญโญสุชี คณะทำงาน
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการ
สถาบันชีววัตถุ
8. นายอธิวัฒน์ ปริมสิริคุณาวุฒิ คณะทำงาน
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข
9. นางพนิดา เกษรประเสริฐ คณะทำงาน
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข
10. นายรติกร กัณฑ์พงษ์ คณะทำงาน
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข

11. นางสาวพิมพ์มาดา อณพัชท์พงศ์ คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ
 นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการ
 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข

**คณะปรับปรุงคู่มือความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
 กันยายน 2565**

คณะทำงานด้านความปลอดภัยทางห้องปฏิบัติการด้านชีวภาพ

- | | |
|---|----------------|
| 1. นางสาวอรอนงค์ รัชตราเซนชัย | ที่ปรึกษา |
| ข้าราชการบำนาญ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ | |
| 2. นางอรุณากร จันทรแสง | ประธานคณะทำงาน |
| ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิจัยและพัฒนากรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
(จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) สำนักวิชาการวิทยาศาสตร์การแพทย์ | |
| 3. นางสิริพรรณ แสงอรุณ | คณะทำงาน |
| นักวิทยาศาสตร์การแพทย์เชี่ยวชาญ
สำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ | |
| 4. นางจุฑามาศ ศิริปานี | คณะทำงาน |
| นักเทคนิคการแพทย์ชำนาญการพิเศษ
สำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ | |
| 5. นางสาวนวิชษฐ์ สัจจานนท์ | คณะทำงาน |
| นายสัตวแพทย์ชำนาญการพิเศษ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข | |
| 6. นางสาวสุภาพร สุภารักษ์ | คณะทำงาน |
| นักเทคนิคการแพทย์ชำนาญการพิเศษ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข | |
| 7. นางปานทิพย์ ศิริโชติ | คณะทำงาน |
| นักเทคนิคการแพทย์ชำนาญการพิเศษ
ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ ๕ สมุทรสงคราม | |
| 8. นายสมภพ วัฒนมณี | คณะทำงาน |
| นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการพิเศษ
สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร | |

- | | | |
|-----|---|--|
| 9. | นายรติกร
กัณฑ์พะวงศ์
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข | กัณฑ์พะวงศ์
คณะทำงาน |
| 10. | นายกรพงศ์
ภิญโญสุชี
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการ
สถาบันชีววัตถุ | ภิญโญสุชี
คณะทำงาน |
| 11. | นายอริวัฒน์
ปริมสิริคุณาวุฒิ
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข | ปริมสิริคุณาวุฒิ
คณะทำงาน |
| 12. | นางพนิดา
เกษรประเสริฐ
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข | เกษรประเสริฐ
คณะทำงาน |
| 13. | นางสาวเพทาย
อุ้นผล
นักเทคนิคการแพทย์ชำนาญการ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข | อุ้นผล
คณะทำงาน |
| 14. | นางสาววิภารัตน์
หมายติดกลาง
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ปฏิบัติการ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข | หมายติดกลาง
คณะทำงาน |
| 15. | นางสาววรลักษณ์
เลิศสุภางคกุล
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข | เลิศสุภางคกุล
คณะทำงานและเลขานุการ |
| 16. | นางสาวกมลพรรณ
ศรีมยานาง
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ปฏิบัติการ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข | ศรีมยานาง
คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ |