

มาตรการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับนักวิจัย (ทางชีวการแพทย์)

Biosafety for Researchers (Medical Research)

ชลภัทร สุขเกษม^{1,2} และ สุชาดา โทพล³

¹หน่วยไวรัสวิทยาและจุลชีววิทยาโมเลกุล ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์

โรงพยาบาลรามาริบัติ มหาวิทยาลัยมหิดล

²เครือข่ายความปลอดภัยและความมั่นคงทางชีวภาพ (ประเทศไทย)

³คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

บทคัดย่อ

ในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา การศึกษาวิจัยทางการแพทย์ช่วยให้มนุษย์มีสุขภาพที่แข็งแรงและอายุยืนยาวขึ้น โดยเฉพาะการป้องกันหรือค้นพบวิธีการรักษาโรคที่เกิดจากการติดเชื้อจุลชีพ ซึ่งการศึกษาวินิจฉัยกับเชื้อจุลชีพนั้นต้องดำเนินการในห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ที่มีมาตรการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ โดยการสร้างมาตรการความปลอดภัยทางชีวภาพนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานเอง ปกป้องชิ้นงานที่กำลังดำเนินการศึกษาวินิจฉัยอยู่ และเป็นการควบคุมป้องกันไม่ให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้ออันตรายออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีการสร้างมาตรการและแนวปฏิบัติที่ดี แต่ยังคงพบว่าการดำเนินการในห้องปฏิบัติการวิจัยอย่างต่อเนื่อง ในบทความนี้จะชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการสร้างมาตรการและหลักการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ การประเมินความเสี่ยง ระดับของห้องปฏิบัติการ ตลอดจนเสนอแนะแนวทางการเลือกให้เหมาะสม โดยมุ่งหวังว่านักวิจัยที่กำลังทำดำเนินการศึกษาวินิจฉัยทางการแพทย์จะสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์เพื่อลดความเสี่ยงของผู้ปฏิบัติงานและผู้ร่วมงาน ตลอดจนสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

คำสำคัญ: ความปลอดภัยทางชีวภาพ ความมั่นคงทางชีวภาพ การติดเชื้อทางห้องปฏิบัติการ

Abstract

In the past century, medical research has led to improved health and increased life expectancy largely because of success in preventing and treating infectious diseases. This research must be conducted in biosafety-compliant laboratories which are in accordance with many laws, regulations, policies, and well-established guidelines. Biosafety regulations are written to encompass protective measures against the risks of accidental exposure or release occurring in laboratories that handle pathogens, or stock or manipulate potentially contaminated products, or perform microbiological tests for medical or scientific research purposes, as well as the means of protecting the environment. Despite a greater awareness of biosafety practices, handling

infectious microorganisms remains a source of infection, and even mortality, among laboratory researchers. For these reasons this review describes some aspects that include good microbiological practices, appropriate containment equipment, practices and operational procedures to minimize workers' risk of laboratory-acquired infections (LAIs). Application of this knowledge will enable the microbiological and biomedical community to prevent personal, laboratory and environmental exposure to potentially infectious agents or biohazards.

Keywords: BIOSAFETY, BIOSECURITY, laboratory-acquired infections.

โรคติดเชื้อเป็นปัญหาทางการแพทย์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และดูจะมีแนวโน้มรุนแรงมากขึ้น ในการแก้ปัญหา รวมทั้งการเฝ้าระวังและป้องกันการแพร่กระจาย จำเป็นที่นักวิจัยและบุคลากรทางการแพทย์ จะต้องทำการศึกษาวิจัยอย่างจริงจัง ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อที่ทำการศึกษาวินิจฉัย หรือเรียกว่า การติดเชื้อจากห้องปฏิบัติการ (Laboratory-Acquired Infections: LAIs) ซึ่งมีความหมายครอบคลุมการติดเชื้อจุลชีพทุกชนิดในห้องปฏิบัติการทางการแพทย์และสัตวแพทย์ ทั้งที่เป็นห้องปฏิบัติการเพื่อการตรวจวินิจฉัย ชั้นสูตรโรค และห้องปฏิบัติการเพื่อการวิจัย ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเจ็บป่วยที่แสดงอาการหรืออาจไม่แสดงอาการ โดยมากมักเกิดกับผู้มีหน้าที่ปฏิบัติงานประจำในห้องปฏิบัติการ เช่น พยาธิแพทย์ พยาธิสัตวแพทย์ นักเทคนิคการแพทย์ นักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ และนักวิจัย รวมทั้งผู้ที่เข้ามาในห้องปฏิบัติการเป็นครั้งคราว เช่น คนงาน แม่บ้านประจำห้องปฏิบัติการ และแขกผู้มาเยือนด้วย ซึ่งการติดเชื้อในห้องปฏิบัติการอาจส่งผลให้เกิดการระบาดและแพร่กระจายเชื้อได้ โดยบุคคลเหล่านั้นจะทำหน้าที่เป็นพาหะของเชื้อ แล้วแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมและชุมชนต่อไป

จากการสำรวจอุบัติเหตุทางการแพทย์พบว่าอุบัติการณ์ที่เกิดขึ้นมาจากห้องปฏิบัติการทางการแพทย์จะมากกว่าห้องปฏิบัติการทางงานบริการ โดยนักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่งมีความสนใจและเริ่มการศึกษาอย่างจริงจัง เพื่อให้ทราบถึงอุบัติการณ์ ความชุก ชนิดของเชื้อ และวิธีการติดเชื้อจุลชีพต่างๆ ในปี พ.ศ. 2521 Pike และ Sulkin รายงานว่าอุบัติเหตุทางการแพทย์ในโรงพยาบาลเกิดขึ้นทั้งหมด 4,079 ราย และมีผลให้เสียชีวิตจำนวน 168 ราย ซึ่งก่อนหน้านี้ไม่สามารถแยกได้ว่าได้รับจากอุบัติเหตุหรือสัมผัสเชื้อโดยตรง แต่ส่วนใหญ่ผู้ติดเชื้อต้องปฏิบัติงานกับเชื้อจุลชีพ ที่พบว่าเป็นสาเหตุสำคัญ 10 ชนิดคือ *Brucellasp*, *Coxiellabumetii*, hepatitis B virus, *Salmonella typhi*, *Francisellatularensis*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Blastomycesdermatitidis*, *Venezuelan equine encephalitis virus*, *Chlamydia psittaci*, *Coccidioidesimmitis* ต่อมา Harding และ Byers รายงานว่าอุบัติการณ์ของการติดเชื้อพบได้สูงในห้องปฏิบัติการของงานบริการทางการแพทย์และงานวิจัยในปี พ.ศ.2517 ทางศูนย์ควบคุมโรคของสหรัฐอเมริกา จึงได้จัดระดับของเชื้อจุลชีพตามความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ และความสามารถในการรักษาป้องกัน พร้อมทั้งแนะนำการใช้อุปกรณ์การป้องกันในการปฏิบัติงานกับเชื้อเหล่านี้ แม้ว่าจะจะมีการจัดทำแนวทางปฏิบัติที่ดีในการปฏิบัติงานกับเชื้ออันตรายแล้ว แต่ยังคงพบอุบัติเหตุเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อทั้งตัวผู้ปฏิบัติงานเองและในบางกรณียังเกิดความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อออกไปยังชุมชนด้วย การที่ผู้ปฏิบัติงานวิจัยทางการแพทย์มีความรู้ความเข้าใจ และมีทัศนคติที่ดี ถูกต้องเหมาะสมในหลักการของความปลอดภัยทางชีวภาพจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก

ความปลอดภัยทางชีวภาพและความมั่นคงทางชีวภาพ: เหมือนหรือแตกต่าง?

ความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการครอบคลุมถึงหลักการเทคโนโลยีและมาตรการปฏิบัติในการป้องกันอันตรายจากการสัมผัสเชื้อโรคหรือสารพิษแบบไม่ตั้งใจ (Unintentional) หรือป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากการรั่วไหลของเชื้อโรคและสารพิษ เช่นความปลอดภัยจากการทำงานการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสมการออกแบบอาคารสถานที่ตลอดจนระบบการบริหารต่างๆ เพื่อลดอันตรายที่อาจเกิดจากการทำงานความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการถือเป็นรากฐานสำคัญที่สุดของกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการข้อมูลสำคัญต่างๆ เช่นชนิดของเชื้อโรคสถานที่เก็บหรือปฏิบัติงานกับเชื้อบุคลากรที่ทำงานกับเชื้อหรือมีส่วนรับผิดชอบกับเชื้อนั้นๆ เป็นสิ่งที่ต้องได้รับการประเมินความเสี่ยงทั้งสิ้น

ความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการเป็นคำที่ใช้เรียกมาตรการรักษาความปลอดภัยขององค์กรเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่เกิดจากความตั้งใจ (intentional) ทำให้เกิดการสูญหายการขโมยรวมถึงการปล่อยเชื้อโรคออกสู่สาธารณะและการนำเชื้อไปใช้ที่ผิดวัตถุประสงค์ในปัจจุบันมีการก่อการร้ายเกิดขึ้นอยู่แทบทุกมุมโลกห้องปฏิบัติการที่มีการครอบครองเชื้อโรคและสิ่งมีชีวิตจากสิ่งมีชีวิตต่างๆ จึงจำเป็นต้องมีมาตรการด้านความมั่นคงทางชีวภาพ ควบคู่กับมาตรการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพเพื่อปกป้องอันตรายจากภัยพิบัติหรือหายนะที่อาจเกิดขึ้นกับห้องปฏิบัติการวัสดุอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการรวมทั้งชีวิตทรัพย์สินตลอดจนความเสียหายต่อภาคการเกษตรกรรมการปศุสัตว์และสิ่งแวดล้อมเนื่องจากอาจมีผู้ไม่ประสงค์ดี ต้องการนำเชื้อโรคและสารพิษต่างๆ ไปใช้ผิดวัตถุประสงค์ ความมั่นคงทางชีวภาพเป็นระบบหรือมาตรการที่ดำเนินการเสริมกับความปลอดภัยทางชีวภาพ มีความจำเป็นสำหรับการห้องปฏิบัติการที่มีการดำเนินงานกับเชื้อที่อยู่ในกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูง

ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า ความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการเป็นคำที่ใช้เรียกหลักการเทคโนโลยีและมาตรการปฏิบัติในการป้องกันอันตรายจากการสัมผัสกับเชื้อโรคหรือสารพิษแบบไม่ตั้งใจหรือป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากการรั่วไหลของเชื้อโรคและสารพิษนั้นๆ ส่วนความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการเป็นคำที่ใช้เรียกมาตรการรักษาความปลอดภัยขององค์กร ป้องกันความผิดพลาดที่เกิดจากความตั้งใจ เพื่อป้องกันการสูญหายการขโมยรวมถึงการปล่อยเชื้อโรคออกสู่สาธารณะและการนำเชื้อไปใช้ที่ผิดวัตถุประสงค์โดยที่ความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการนับว่าเป็นรากฐานสำคัญที่สุดของกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความมั่นคงทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ ดังนั้นมาตรการทั้งสองจึงควรมีการดำเนินการควบคู่กันไป เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการปฏิบัติงานวิจัยทางการแพทย์ โดยในแต่ละสถาบันต้องจัดให้มีคณะกรรมการกำกับดูแลด้านความปลอดภัยและความมั่นคงทางชีวภาพ ตั้งแต่ระดับระดับสูงสุดของหน่วยงาน เช่น มหาวิทยาลัย คณะวิชา และภาควิชา เพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปตามข้อกำหนด

ข้อกำหนด 4 ประการสำหรับความปลอดภัยทางชีวภาพ

มาตรการความปลอดภัยทางชีวภาพ มีข้อกำหนดหลักไว้ 4 ประการที่ต้องคำนึงถึง ได้แก่ ข้อกำหนดด้านอุปกรณ์ป้องกันเฉพาะบุคคล (Personal Protective Equipment; PPE) ข้อกำหนดด้านมาตรฐานในการปฏิบัติงาน (Work place practices หรือ SOP: Standard Operating Procedures) ข้อกำหนดด้านวิศวกรรม (Engineering control)

และข้อกำหนดด้านการบริหารจัดการ (Administrative control)

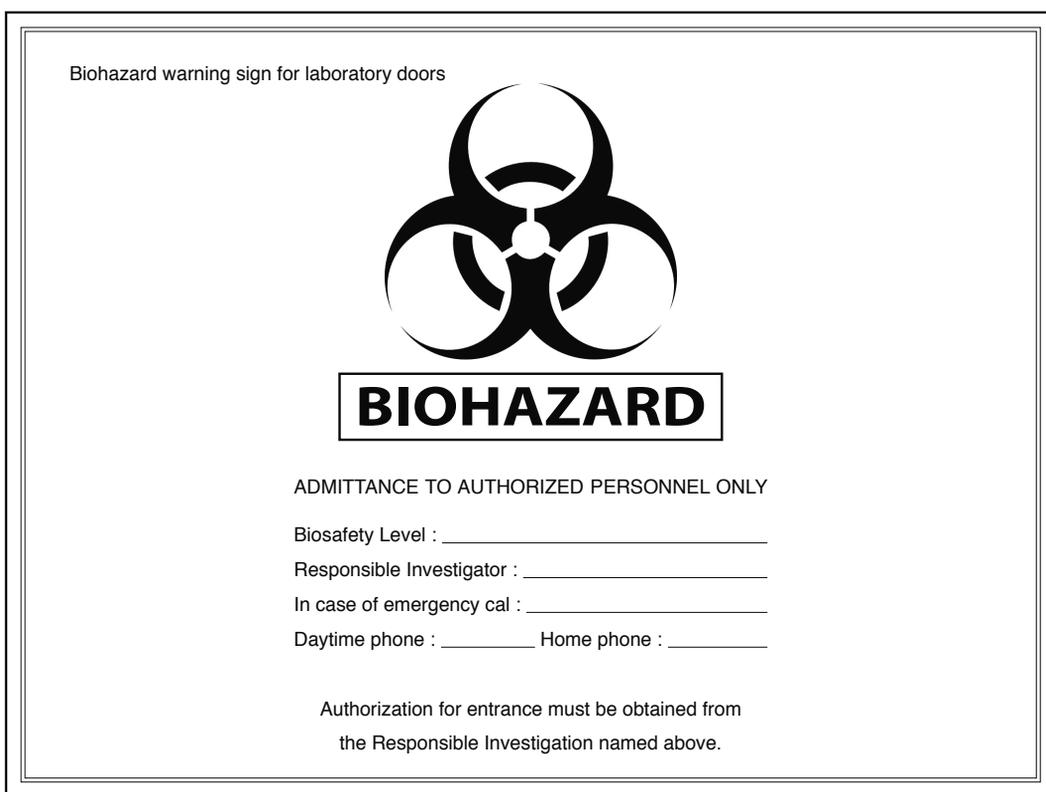
ข้อกำหนดด้านอุปกรณ์ป้องกันเฉพาะบุคคล การใช้อุปกรณ์ป้องกันเฉพาะบุคคล เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถใช้ในการควบคุมร่วมกับวิธีการอื่นได้ ซึ่งวัตถุประสงค์ของการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล คือป้องกันการสัมผัสกับวัสดุติดเชื้อเข้าสู่ร่างกาย และป้องกันการแพร่กระจายการปนเปื้อน การเลือกอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลจำเป็นต้องมีการประเมินความเสี่ยงในทุกกิจกรรมก่อนเริ่มปฏิบัติการ เพื่อให้การเลือกอุปกรณ์ป้องกันเป็นไปอย่างเหมาะสม และถูกต้อง โดยต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้ ชนิดของสิ่งที่ต้องสัมผัส โดยพิจารณาจากช่องทางการสัมผัส หรือการเข้าสู่ร่างกาย ระยะเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมนั้นๆ ว่าเหมาะสมกับชนิดของอุปกรณ์ป้องกันอันตรายหรือไม่ต้องคำนึงถึงการออกแบบเพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับผู้สวมใส่ มีขนาดเหมาะสมกับรูปร่างของผู้สวมใส่ มีความสะดวกสบายในการสวมใส่ และไม่ขัดขวางการทำงาน อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลทุกชนิดควรมีคุณภาพตามมาตรฐานสากล เช่น National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) หรือ American National Standards Institute (ANSI) ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของ Occupational Safety and Health Administration (OSHA) และสิ่งสำคัญคือพนักงานต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันตามที่หน่วยงานกำหนดในขณะที่ปฏิบัติงานทุกครั้ง และต้องถอดออกเมื่อออกนอกห้องปฏิบัติการ อีกทั้งยังต้องทำการฆ่าเชื้ออุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลในพื้นที่การปฏิบัติงานที่มีการใช้งานอุปกรณ์นั้น ๆ ด้วยก่อนนำมาใช้ซ้ำ หรือทำลาย

ข้อกำหนดด้านมาตรฐานในการปฏิบัติงาน (Work place practices หรือ SOP: Standard Operating Procedure) เป็นเอกสารที่เป็นแนวทางการปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐาน เพื่อให้การปฏิบัติถูกต้อง ซึ่งควรระบุถึงวิธีการปฏิบัติงานเป็นลำดับ ขั้นตอน เพื่อให้การปฏิบัติและผลลัพธ์เป็นรูปแบบและมาตรฐานเดียวกัน ได้ผลน่าเชื่อถือ (reliably) และมีความสม่ำเสมอ (consistency) การจัดทำต้องใช้ข้อมูลพื้นฐานจากการปฏิบัติงานจริง เนื่องจากห้องปฏิบัติการวิจัยแต่ละแห่งมีปัจจัยที่แตกต่างกัน หัวหน้าห้องปฏิบัติการหรือผู้มีหน้าที่รับผิดชอบ ต้องเขียนวิธีปฏิบัติมาตรฐานในการปฏิบัติงานหรือการทำกิจกรรมอื่นๆ สำหรับผู้ปฏิบัติงานและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องเช่น ขั้นตอนการใส่และถอดอุปกรณ์ป้องกันเฉพาะบุคคล ขั้นตอนการปฏิบัติในการเข้าและออกห้องปฏิบัติการชีววินัยวิธีปฏิบัติเมื่อเกิดกรณีฉุกเฉินต่างๆ เป็นต้น โดยวิธีปฏิบัติมาตรฐานที่เขียนต้องเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน คำนึงถึงความปลอดภัยและลดความเสี่ยงจากการติดเชื้อเมื่อปฏิบัติงาน

ข้อกำหนดด้านวิศวกรรม (Engineering control) โรงพยาบาล และสถาบัน ต้องจัดสร้าง ควบคุม และดูแลห้องปฏิบัติการชีววินัย ให้มีอุปกรณ์ เครื่องมือ ระบบ และคุณลักษณะตามข้อกำหนดมาตรฐาน ซึ่งเป็นที่ยอมรับในระดับสากล เพื่อป้องกันและควบคุมการแพร่กระจายเชื้อจากห้องปฏิบัติการสู่สิ่งแวดล้อม ลดความเสี่ยงจากการติดเชื้อในการปฏิบัติงานซึ่งข้อกำหนดทั้งในแง่ของคุณลักษณะของห้องปฏิบัติการ ตู้ปลอดเชือนิรภัย เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

ข้อกำหนดด้านการบริหารจัดการ (Administrative control) ข้อกำหนดนี้เป็นเรื่องของการบริหารจัดการ ทั้งในแง่นโยบาย การจัดหา จัดเตรียม ดำเนินการ เพื่อสนับสนุนให้เกิดความปลอดภัยทางชีวภาพ เช่น มอบหมายบุคคลให้มีหน้าที่ดูแลรับผิดชอบสำหรับห้องปฏิบัติการนั้นๆ (Biosafety officer หรือ Supervisor) จัดให้มีการฝึกอบรมให้ความรู้อย่างสม่ำเสมอ (Training) เพื่อให้มั่นใจว่าผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติตามวิธีปฏิบัติมาตรฐานได้ถูกต้องมีการ

ควบคุม และจำกัดการเข้าปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ จัดหาอุปกรณ์ป้องกันเฉพาะ สำหรับผู้ปฏิบัติการอย่างเหมาะสม มีแผนสำหรับการฆ่าเชื้อห้องปฏิบัติการ (Laboratory Decontamination) ดำเนินการให้มีการฉีดวัคซีนแก่ผู้ปฏิบัติงาน (Immunization) และจัดให้มีโปรแกรมสำรวจการเจ็บป่วยของผู้ปฏิบัติงาน (Medical surveillances) การฝึกซ้อมการปฏิบัติงานตามวิธีปฏิบัติมาตรฐานเพื่อให้ทุกคนสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง (SOP Compliance) รวมทั้งมีการตรวจสอบคุณสมบัติของผู้ปฏิบัติงานตามความเหมาะสมของงานที่ได้รับมอบหมาย (Background checks) การแสดงสัญลักษณ์และข้อมูลต่างๆ ทางชีวอนามัย เครื่องหมายบ่งชี้ว่าเป็นห้องปฏิบัติการชีวอนามัยระดับใด ให้ข้อมูลชนิดของเชื้อที่มีการปฏิบัติการ รวมทั้งให้ระบุชื่อและเบอร์โทรศัพท์ผู้มีหน้าที่รับผิดชอบที่ติดต่อได้สะดวก ในบริเวณที่ชัดเจนและเห็นได้ง่าย (Appropriate Signage) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงสัญลักษณ์และข้อมูลต่างๆ ทางชีวอนามัย เครื่องหมายบ่งชี้ว่าเป็นห้องปฏิบัติการชีวอนามัยระดับใด ให้ข้อมูลชนิดของเชื้อที่มีการปฏิบัติการ รวมทั้งให้ระบุชื่อและเบอร์โทรศัพท์ผู้มีหน้าที่รับผิดชอบที่ติดต่อได้สะดวก ในบริเวณที่ชัดเจนและเห็นได้ง่าย (Appropriate Signage)

การประเมินความเสี่ยง และการจัดระดับความเสี่ยง

การประเมินความเสี่ยงเป็นกิจกรรมสำคัญสำหรับการดำเนินมาตรการความปลอดภัยและความมั่นคงทางชีวภาพปัจจุบันมีการจัดระดับความเสี่ยงตามความรุนแรงและปัจจัยต่างๆ โดยหน่วยงานต่างๆ แต่ที่มีการอ้างอิงและนำไปใช้มากที่สุดคือ การจัดระดับความเสี่ยงของเชื้อจุลินทรีย์ตามคู่มือความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการ (Laboratory Biosafety Manual) ขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization-WHO) และคู่มือความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาและชีววิทยาทางการแพทย์ (Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories) ของศูนย์ควบคุมและป้องกันโรคแห่งสหรัฐอเมริกา (US-CDC/NIH) ซึ่งการประเมินความเสี่ยงควรทำโดยผู้มีความรู้และเชี่ยวชาญทางจุลชีววิทยา หรืออาจทำในรูปแบบคณะกรรมการประเมินความเสี่ยง การดำเนินงานต้องประสานงานกับคณะกรรมการด้านความปลอดภัยของหน่วยงานและการประเมินความเสี่ยงจะต้องมีการทบทวนแก้ไข เพื่อให้เหมาะสมกับเวลาและสถานที่อยู่เสมอโดยในการประเมินความเสี่ยงแต่ละครั้งจะต้องนำข้อมูลใหม่ๆ ด้านระดับความเสี่ยงและองค์ความรู้จากหลากหลายแห่ง เช่น วารสารบทความทางวิทยาศาสตร์มาประมวลและประกอบการพิจารณาซึ่งต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับวงจรการติดเชื้อทั้ง 3 ด้านคือเชื้อจุลินทรีย์โฮสต์ และวิธีการแพร่กระจายเชื้อ โดยคุณลักษณะที่ควรนำไปใช้เป็นตัวชี้วัดในการประเมินความเสี่ยงคือ บัญชีความเสี่ยงของเชื้อจุลินทรีย์ พยาธิกำเนิดของการเกิดโรค ความรุนแรงและขนาดหรือปริมาณ (dose) ของเชื้อที่สามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อได้ อาการที่เกิดขึ้นภายหลังการได้รับเชื้อที่ช่องทางที่เชื้อเข้าสู่ร่างกายทั้งตามธรรมชาติและจากการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการทั้งทางการแพทย์และสัตวแพทย์เช่น การทิ่มของเข็มฉีดยาคอนแทคต์ของเชื้อจุลินทรีย์ในแง่ความคงทนต่อสภาพแวดล้อมความเข้มข้นและปริมาณของเชื้อ ชนิดของโฮสต์ที่เหมาะสมสำหรับการฟักตัว เช่น คนหรือสัตว์ข้อมูลจากการศึกษาในสัตว์และรายงานการติดเชื้อจากห้องปฏิบัติการหรือรายงานทางคลินิกกิจกรรมต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ (เช่น sonication, aerosolization, centrifugation เป็นต้น) การดัดแปลงทางพันธุกรรมซึ่งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขอบเขตโฮสต์ (host range) ของเชื้อหรือเปลี่ยนความไวของเชื้อต่อยาหรือวิธีการรักษาที่มีประสิทธิภาพที่มีอยู่มาตรการป้องกันหรือรักษาโรคที่มีประสิทธิภาพ

กรณีที่เป็นการประเมินความเสี่ยงกับเชื้อจุลินทรีย์หรือเชื้ออุบัติซ้ำ บัญชีรายชื่อเชื้อตามระดับความเสี่ยงที่ได้มีการประเมินมาแล้วเป็นเครื่องมือที่สำคัญและควรถูกนำมาใช้เป็นอันดับแรก และเมื่อมีการประเมินความเสี่ยงแล้วข้อมูลที่ได้อาจต้องถูกนำไปใช้เป็นประโยชน์ในการวางแผนการป้องกัน การวางแผนการดำเนินงาน ประกอบการปรับปรุงวิธีปฏิบัติมาตรฐาน (Standard Operating Procedure, SOP) ใช้ประกอบการเลือกอุปกรณ์ป้องกันอันตรายเฉพาะบุคคลทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยสูงสุดต่อผู้ปฏิบัติงานทางการแพทย์และสัตวแพทย์

ในกรณีที่เกิดการระบาดของโรคที่ไม่รู้สาเหตุของโรคให้ดำเนินการตามคู่มือหรือแนวทางที่องค์กรระดับชาติหรือองค์การอนามัยโลกแนะนำไว้เนื่องจากองค์กรเหล่านี้ได้กำหนดระดับความปลอดภัยในการดำเนินการที่เหมาะสมไว้ เช่นกรณีเกิดการระบาดของโรคซาร์ส (Severe Acute Respiratory Syndrome, SARS) โดยหากได้ตัวอย่างส่งตรวจจากคนไข้หรือจากสัตว์ป่วยต้องระมัดระวังในการเปิดภาชนะอย่างมากโดยต้องใส่ถุงมือเสื้อกาวน์แว่นตาป้องกันการดำเนินการปฏิบัติงานใดๆ ควรใช้ระดับความปลอดภัยระดับ 2 เป็นอย่างต่ำเมื่อต้องจับต้องตัวอย่างส่งตรวจนั้นๆ หากจะต้องขนส่งหรือขนย้ายตัวอย่างนั้นๆ จะต้องดำเนินการตามกฎหมายและระเบียบระดับชาติหรือกฎข้อบังคับระหว่างประเทศ

Hantaviruses, Lassa fever, Crimean-Congo hemorrhagic fever เป็นต้น ในประเทศไทยไม่อนุญาตให้มีการครอบครอง ศึกษาวิจัย หรือเพื่อการใดๆ

การจำแนกเชื้อกลุ่มเสี่ยงในประเทศไทย

หากพิจารณาถึงการจัดจำแนกเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการตามระดับความเสี่ยงของหลายประเทศ ทั้งสหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ แคนาดา สหภาพยุโรป สิงคโปร์ รวมทั้งหน่วยงานสากลอย่างองค์การอนามัยโลกแล้ว จะเห็นว่าการจัดจำแนกเชื้อจุลินทรีย์ในแต่ละประเทศ จะมีหลักเกณฑ์ที่คล้ายคลึงกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของแต่ละประเทศ โดยจะคำนึงถึงความเสี่ยงของเชื้อจุลินทรีย์และระดับความปลอดภัยทางชีวภาพซึ่งมุ่งเน้นที่ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการทางการแพทย์และสัตวแพทย์ สำหรับประเทศไทยได้ยึดหลักการจัดจำแนกตามหลักขององค์การอนามัยโลกปี ค.ศ. 2004 และตามประกาศของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เรื่องข้อปฏิบัติในการดูแลเชื้อโรคตามระดับความเสี่ยงฉบับลงวันที่ 14 กันยายน 2550 ดังต่อไปนี้

เชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 1 (risk group 1) หมายถึงเชื้อนั้นไม่มีความเสี่ยงหรือเสี่ยงน้อยต่อบุคคล และชุมชนได้แก่ เชื้อโรคที่ไม่ก่อให้เกิดโรคในคนและสัตว์ เช่นเชื้อ *Lactobacillus acidophilus*, *Escherichia coli*

เชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 2 (risk group 2) เชื้อนี้มีความเสี่ยงปานกลางสำหรับบุคคล แต่มีความเสี่ยงน้อยสำหรับชุมชน เป็นเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคได้ในคนหรือสัตว์ แต่ไม่เป็นอันตรายร้ายแรงต่อผู้ทำงานในห้องปฏิบัติการชุมชน หรือสิ่งแวดล้อม โรคที่เกิดมีวิธีป้องกันและรักษาที่ได้ผลความเสี่ยงของการแพร่เชื้อมีจำกัด เช่น *Bacillus cereus*

เชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 3 (risk group 3) เชื้อมีความเสี่ยงสูงต่อบุคคล แต่มีความเสี่ยงน้อยต่อชุมชนเป็นเชื้อก่อโรคร้ายแรงในคนหรือสัตว์ โรคที่เกิดมีวิธีป้องกันและรักษาที่ได้ผลเช่น *Mycobacterium spp.*

เชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 4 (risk group 4) เชื้อมีความเสี่ยงสูงต่อบุคคล และมีความเสี่ยงสูงต่อชุมชน เชื้อสามารถก่อโรคร้ายแรงในคนหรือสัตว์ สามารถแพร่กระจายไปยังบุคคลอื่นได้โดยตรงหรือทางอ้อม โรคที่เกิดยังไม่มีวิธีป้องกันและการรักษาที่ได้ผลเช่น hemorrhagic fever virus, Ebola virus

จะเห็นว่าหลักการจัดจำแนกเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการแบบใดก็ตาม จะมีวัตถุประสงค์หลักเหมือนกัน คือ เพื่อให้สามารถมั่นใจได้ว่าผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการทางการแพทย์และสัตวแพทย์ หรือผู้ที่เกี่ยวข้องในระดับต่างๆ จะดำเนินการได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ มีการป้องกันความเสี่ยงต่อทั้งสุขภาพของตัวผู้ปฏิบัติงาน ผู้เกี่ยวข้อง และสิ่งแวดล้อม อย่างเหมาะสม รวมทั้งมีมาตรการป้องกันมิให้ผู้ประสงค์ร้าย ลักลอบนำเชื้อโรคที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการไปใช้ในทางที่ผิด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อความปลอดภัยของทั้งผู้ครอบครองเชื้อ ผู้ปฏิบัติงาน ผู้เกี่ยวข้อง และสิ่งแวดล้อมและชุมชนอีกด้วย

เลือกห้องปฏิบัติการอย่างไรให้เหมาะสมกับงานวิจัย ?

โดยทั่วไปห้องปฏิบัติการเพื่อการตรวจวินิจฉัยและวิจัยทางการแพทย์จะสามารถแบ่งตามระดับความปลอดภัยได้เป็น 4 แบบ (Biosafety laboratory level 1-4: BSL1-BSL4) ซึ่งในบางประเทศเรียกเป็น Physical containment level 1-4 (P1-P4) เพื่อให้สามารถเลือกใช้งานได้อย่างเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน โดยขึ้นกับระดับความรุนแรงและ

ตารางที่ 1 การเลือกใช้ห้องปฏิบัติการชีวอนามัยระดับ 1-4 สำหรับการปฏิบัติงานกับเชื้อตามระดับความเสี่ยง

ระดับความเสี่ยงของเชื้อ (Risk group)	ระดับห้องปฏิบัติการ (Biosafety Level)	ห้องปฏิบัติการในประเทศไทย	ข้อกำหนด (Requirement)
1	ห้องปฏิบัติการชีวอนามัยระดับ 1 (BSL-1)	ห้องปฏิบัติการพื้นฐานสำหรับการเรียนการสอน	โต๊ะปฏิบัติการและอ่างล้างมือไม่ต้องการเครื่องมือป้องกัน
2	ห้องปฏิบัติการชีวอนามัยระดับ 2 (BSL-2)	ห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ในโรงพยาบาล และสถาบันวิจัย	อุปกรณ์ป้องกันเฉพาะ คือ เสื้อกาวน์ ถุงมือ แว่นตา และการปฏิบัติงานต้องทำในตู้ชีวอนามัยระดับ 1 หรือ 2
3	ห้องปฏิบัติการชีวอนามัยระดับ 3 (BSL-3)	เช่น ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเชื้อไขหวัดนก	อุปกรณ์ป้องกันเฉพาะพิเศษ คือ ชุดป้องกันแบบพิเศษ (Tyvec suite) สวมหน้ากากแบบ N95 ใส่แว่นตา หรือใช้เครื่องกำเนิดอากาศระบบ positive pressure (PAPR) การปฏิบัติงานต้องทำในตู้ชีวอนามัยระดับ 2 ขึ้นไป ห้องปฏิบัติการต้องมีแรงดันเป็นลบ (Negative pressure) มีประตูสองชั้นและทิศทางการไหลของลมเป็นทางเดียว
4	ห้องปฏิบัติการชีวอนามัยระดับ 4 (BSL-4)	ไม่มี	โดยข้อกำหนดของห้องปฏิบัติการแบบนี้จะคล้ายกับห้องปฏิบัติการชีวอนามัยระดับที่ 3 แต่เพิ่มระบบ air lock การปฏิบัติการต้องทำในตู้ชีวอนามัยระดับ 3 (Biosafety cabinet class III) มีตู้หนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) ซึ่งมี 2 ทางเปิด และสถานที่ตั้งห้องปฏิบัติการแบบนี้ต้องอยู่ในอาคารที่แยกจากสถานที่อื่นทั้งในแง่ของพื้นที่และระบบการไหลเวียน

อันตรายของเชื้อที่ปฏิบัติการอยู่ (ตารางที่ 1) ซึ่งหลักเกณฑ์ในการเลือกใช้ของห้องปฏิบัติการทั้งทางการแพทย์และสัตวแพทย์ จะพิจารณาตามความเสี่ยงในการติดเชื้อจุลินทรีย์ (Risk group) ความรุนแรงและอันตรายในการติดเชื้อ วิธีการแพร่กระจายเชื้อ รวมทั้งหลักการและวิธีการปฏิบัติงานของบุคลากรทางการแพทย์และสัตวแพทย์ ดังนั้นห้องปฏิบัติการแต่ละชนิดก็จะมีหลักการปฏิบัติงาน เครื่องมือ และอุปกรณ์ป้องกันสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่แตกต่างกันด้วย โดยสามารถแบ่งห้องปฏิบัติการได้เป็น 2 ระดับคือ

1. กลุ่มห้องปฏิบัติการเพื่อการตรวจวินิจฉัยและการวิจัยทางการแพทย์พื้นฐาน (Basic Laboratory for Medical Diagnostic and Research) ซึ่งจะมีระดับการใช้งานตามความปลอดภัยได้เป็น 2 ระดับย่อยคือห้องปฏิบัติการชีวอนามัย ระดับ 1 (Biosafety laboratory level 1: BSL-1) และห้องปฏิบัติการชีวอนามัย ระดับ 2 (Biosafety laboratory level 2: BSL-2)

2. กลุ่มห้องปฏิบัติการเพื่อการตรวจวินิจฉัยและการวิจัยทางการแพทย์ชั้นสูง (High Containment Laboratory for Medical Diagnostic and Research) ห้องปฏิบัติการชีวอนามัย ระดับ 3 (Biosafety laboratory level 3 : BSL-3) และห้องปฏิบัติการชีวอนามัย ระดับ 4 (Biosafety laboratory level 2: BSL-4)

ห้องปฏิบัติการแต่ละระดับจะออกแบบมาโดยคำนึงถึงความปลอดภัยของบุคคลกร สิ่งแวดล้อม และชุมชนเป็นหลักมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านจุลชีววิทยา เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน เพื่อปกป้องสิ่งแวดล้อมและจัดการกับความเสี่ยซึ่งเป็นไปตามระดับความรุนแรงของจุลินทรีย์ซึ่งห้องปฏิบัติการแต่ละชนิดมีลักษณะดังนี้

ห้องปฏิบัติการชีวอนามัย ระดับ 1 (BSL-1) เป็นห้องปฏิบัติการมูลฐาน (Basic laboratory) ใช้สำหรับการเรียนการสอนในโรงเรียนมัธยมและในมหาวิทยาลัยระดับปริญญาตรี ซึ่งเหมาะกับการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับเชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 1 (Risk group 1) โดยทั่วไปเป็นเชื้อที่ไม่ก่อให้เกิดโรคในคน ห้องปฏิบัติการระดับนี้ จึงไม่จำเป็นต้องแยกพื้นที่ออกจาก พื้นที่ส่วนอื่นของอาคาร ไม่มีระบบหรือเครื่องมือพิเศษและไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ป้องกันเฉพาะโดยข้อกำหนดของห้องปฏิบัติการแบบนี้จะมีเพียงโต๊ะปฏิบัติการและอ่างล้างมือเท่านั้น การทำงานสามารถทำบนโต๊ะปฏิบัติการทั่วไป แต่ใช้มาตรฐานการปฏิบัติงานทางด้าน จุลชีววิทยาโดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์เสริม แต่ควรมีการประเมินความเสี่ยงเพื่อควบคุมงานให้เหมาะสม กับห้องปฏิบัติการนี้ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน ต้องผ่านการอบรมเฉพาะทางที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการในการปฏิบัติงานและ ต้องมีการตรวจสอบ โดยนักวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการอบรมทางด้านจุลชีววิทยาหรือสาขาอื่นที่เกี่ยวข้อง

ห้องปฏิบัติการชีวอนามัย ระดับ 2 (BSL-2) เป็นห้องปฏิบัติการมูลฐาน ที่พบตามโรงพยาบาล และสถาบันวิจัยทั่วไปใช้กับการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับเชื้อกลุ่มเสี่ยงที่ 2 (Risk group 2) เช่น ซึ่งจะรวมถึงส่งตรวจ (Clinical specimen) ทุกชนิดที่มาจากคนด้วย ดังนั้นการปฏิบัติการกับเชื้อกลุ่มนี้จึงต้องอุปกรณ์ป้องกันเฉพาะสำหรับผู้ปฏิบัติงาน (Primary barrier) เช่น ถุงมือ (Glove) เสื้อกาวน์ (Gown) และ แว่นตา (Goggle) หรือ แผ่นบังหน้า (Face protection) ในกรณีที่การปฏิบัติงานอาจก่อให้เกิดเป็นละอองฝอย (Aerosol) ซึ่งสามารถติดต่อผ่านทางเดินหายใจได้ มีระบบหรืออุปกรณ์ป้องกัน (Secondary barrier) เพิ่มเติมคือ ตู้ชีวอนามัยระดับ 1 หรือ 2 (Biosafety cabinet class I or II)

ห้องปฏิบัติการชีวอนามัย ระดับ 3 (BSL-3) เป็นห้องปฏิบัติการที่เหมาะสมกับการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับเชื้ออันตรายที่มีความร้ายแรงกลุ่มเสี่ยงลำดับที่ 3 (Risk group 3) สามารถติดต่อผ่านทางเดินหายใจได้ ดังนั้นการปฏิบัติการกับเชื้อกลุ่มนี้จึงต้องมีการป้องกันทั้ง อุปกรณ์ป้องกันเฉพาะ (primary barrier) ระบบการป้องกัน (secondary barrier) และมีมาตรการเพิ่มเติมหากต้องปฏิบัติงานกับเชื้อกลุ่มนี้ เพื่อความปลอดภัยและป้องกันการติดเชื้อของผู้ปฏิบัติงาน เช่น ต้องสวมชุดป้องกันแบบพิเศษ (Tyvec suite) สวมหน้ากากแบบ N95 ใส่แว่นตา (Goggles) หรือใช้เครื่องช่วยหายใจ ระบบ positive pressure (PAPR) การปฏิบัติการต้องทำในตู้ปลอดเชื้อชีวอนามัยระดับ 2 (Biosafety cabinet class II) และห้องปฏิบัติการต้องมีบรรยากาศแรงดันเป็นลบ (Negative pressure) เพื่อป้องกันการรั่วไหลของเชื้อออกสู่สิ่งแวดล้อม

นอกอาคารด้วย

ห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับ 4 (BSL-4) เป็นห้องปฏิบัติการที่เหมาะสมกับการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับเชื้อกลุ่มที่มีความเสี่ยงมากที่สุด เนื่องจากเป็นเชื้อที่ก่อโรคร้ายแรงในคนและสัตว์ และยังสามารถแพร่เชื้อไปยังบุคคลอื่นหรือสัตว์อื่นได้ ทั้งทางตรงและทางอ้อม จึงถูกจัดเป็นเชื้อกลุ่มเสี่ยงลำดับที่ 4 (Risk group 4) โดยข้อกำหนดของห้องปฏิบัติการแบบนี้จะคล้ายกับห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับที่ 3 แต่เพิ่มระบบ air lock การปฏิบัติการต้องทำในตู้ปลอดเชื้อนิรภัยระดับ 3 (Biosafety cabinet class III) มีตู้หนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) ซึ่งมี 2 ทางเปิด และสถานที่ตั้งห้องปฏิบัติการแบบนี้ต้องอยู่ในอาคารที่แยกจากสถานที่อื่นทั้งในแง่ของพื้นที่และระบบการไหลเวียนอากาศ สำหรับผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการชีววิทยาระดับที่ 4 ต้องมีชุดพิเศษซึ่งมีบรรยากาศแรงดันเป็นบวก (Positive pressure suite) เพื่อแยกออกจากสภาพแวดล้อมของห้องอย่างชัดเจน

ระดับของห้องปฏิบัติการกับระดับความเสี่ยงของเชื้อจุลชีพ อาจไม่เป็นไปตามที่กำหนด ทั้งนี้ขึ้นกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการ เช่น การตรวจวิเคราะห์จากตัวอย่างส่งตรวจของผู้ป่วยโดยตรง จะพิจารณาเลือกใช้ห้องปฏิบัติการระดับ 2 แต่หากเป็นกรณีการเพาะเลี้ยงเชื้อเอชไอวีจะต้องทำในห้องปฏิบัติการระดับ 3 เป็นต้น

บทสรุป

ปัจจุบันมาตรฐานการปฏิบัติงานในด้านต่างๆ กำลังได้รับความสนใจและให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก หลายหน่วยงานได้บังคับใช้ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ โดยเฉพาะในการดำเนินงานวิจัย บางครั้งพบว่านักวิจัยยังมีความสับสนและความเข้าใจที่ไม่ตรงกับ คณะกรรมการด้านความปลอดภัยและความมั่นคงทางชีวภาพของหน่วยงาน ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากการขาดความรู้ความเข้าใจในหลักการด้านความปลอดภัยและความมั่นคงทางชีวภาพ ทำให้ผู้ปฏิบัติจำนวนหนึ่งมองเรื่องนี้เป็นอุปสรรค มากกว่าที่จะให้ความสำคัญกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์ที่แท้จริง การสร้างความเข้าใจและการสร้างแนวปฏิบัติที่เหมาะสม ก่อให้เกิดความตระหนักรู้และช่วยทำให้ทัศนคติที่ดีต่อมาตรการความปลอดภัยและความมั่นคงทางชีวภาพในผู้ปฏิบัติงานและผู้เกี่ยวข้องทุกระดับ ซึ่งจะเป็นตัวขับเคลื่อนให้การดำเนินงานด้านความปลอดภัยและความมั่นคงทางชีวภาพมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- ชลภัทร สุขเกษม (2551). บทที่ 23, **ใช้หัดใหญ่/ใช้หัดนก**. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ: สมาคมไวรัสวิทยา (ประเทศไทย)
- ชลภัทร สุขเกษม (5 เมษายน 2552). **หลักการความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการคลินิกเมื่อเกิดใช้หัดใหญ่สายพันธุ์ใหม่ชนิดเอช 1 เอ็น 1/2009 ระบาด**. แหล่งที่มา URL: <http://www.thaibiosafety.org/h1n1manual.pdf>
- ชลภัทร สุขเกษม. หนังสือพิมพ์ไทยโพสต์ (27 พฤษภาคม 2553) **รับมืออาวุธชีวภาพภัยก่อการร้าย**. แหล่งที่มา URL: <http://www.ryt9.com/s/tpd/907865>
- ชลภัทร สุขเกษม. หนังสือพิมพ์กรุงเทพธุรกิจ (31 พฤษภาคม 2553). **เวทีโลกหวั่นอาวุธเชื้อโรคหลุตรพ**. แหล่งที่มา URL: http://www.bangkokbiznews.com /2010/05/31/news_30972793.php?news_id=30972793

- ชลภัทร สุขเกษม. หนังสือพิมพ์บ้านเมือง (28 พฤษภาคม 2553). **ทั่วโลกเตรียมแผนรับมือภัยก่อการร้ายรูปแบบใหม่.**
แหล่งที่มา URL: <http://www.ryt9.com/s/bmnd/908961>
- สุदारัตน์ มโนเชียวพินิจ และคณะ. (2544). **การประกันคุณภาพ: การบริหารความปลอดภัย ในห้องชันสูตรโรค.**
เอช ที พี เพรส จำกัด.
- Athlin S, Vikerfors T, Fredlund H, et al (2007). **Atypical clinical presentation of laboratory-acquired meningococcal disease.** Scand J Inf Dis,2007 (29), 911-921.
- Bouza E, Martin A, Van den Berg R, et al (2008). **Laboratory-acquired Clostridium difficile polymerase chain reaction ribotype 027: a new risk for laboratory workers?** Clin Infect Dis, 2008 (47), 1493-94.
- Centers for Disease Control and Prevention (2007). **Biosafety in microbiological and biomedical laboratories**, 5thed. Washington DC. U.S. Government Printing Office.
- Centers for Disease Control and Prevention (2000). **Primary containment for biohazards: selection, installation and use of biological safety cabinets.** Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Demirdal T, Demirturk N. (2008) **Laboratory-acquired brucellosis.** Ann Acad Med Singapore, 2008 (37), 86-87.
- Kessler AT, Stephens DS, Somani J. (2007) **Laboratory-acquired serogroup A meningococcal meningitis.** J Occup Health, 2007 (49), 399-401.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2006). **Laboratory-Acquired Brucellosis; two cases of brucellosis in microbiologists at two clinical laboratories were reported to state health departments in Indiana and Minnesota.** Morbidity and Mortality Weekly Report.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2008). **Laboratory-Acquired Vaccinia Exposures and Infections, United States, 2005 - 2007.** Morbidity and Mortality Weekly Report.
- Centers for Disease Control and Prevention (2009). **Laboratory-Acquired Vaccinia Virus Infection, United States, Virginia,** Morbidity and Mortality Weekly Report.
- Peacock SJ, Schweizer HP, Dance DAB, et al. (2008) **Management of accidental laboratory exposure to Burkholderiapseudomallei and B. mallei.** Emerg Infect Dis. 2008.
- Venter M, Burt FJ, Blumberg L, et al.(2009) **Cytokine induction after laboratory-acquired West Nile virus infection.** N Engl J Med, 2009 (360): 1260-1262.
- World Health Organization (2004). **Laboratory biosafety manual** 3rded. Geneva.
- World Health Organization (2005). **WHO laboratory biosafety guidelines for handling specimens suspected of containing avian influenza A virus** URL: http://www.who.int/csr/disease/avian_influenza/guidelines/handlingspecimens/en/index.html

Wagenvoort JHT, De Brauwer EIGB, Gronenschild JMH, et al. (2006) **Laboratory-acquired meticillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA) in two microbiology laboratory technicians.** Eur J ClinMicrobiol & Infectious Diseases, 2006 (25): 470-472.

คณะผู้เขียน

ดร.ชลภัทร สุขเกษม สังกัด หน่วยไวรัสวิทยาและจุลชีววิทยาโมเลกุล ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล และเครือข่ายความปลอดภัยและความมั่นคงทางชีวภาพ (ประเทศไทย) e-mail: racska@mahidol.ac.th ; racska@mahidol.ac.th

ดร.สุชาติา โทพล สังกัด คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต