คู่มือ หลักการระบาดวิทยาสำหรับงานอาชีวอนามัย และอนามัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่พัฒนาพิเศษภาคตะวันออก

โดย ศูนย์พัฒนาวิชาการอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จังหวัดระยอง
กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม และ ดร.นายแพทย์ ธรรมสินธ์ อิงวิยะและคณะ

คู่มือ หลักการระบาดวิทยาสำหรับงานอาชีวอนามัย และอนามัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่พัฒนาพิเศษภาคตะวันออก

โดย
ศูนย์พัฒนาวิชาการอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จังหวัดระยอง
กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม และ ดร.นายแพทย์ ธรรมสินธ์ อิงวิยะและคณะ

คู่มือ หลักการระบาดวิทยาสำหรับงานอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม ในพื้นที่พัฒนาพิเศษภาคตะวันออก

คณะผู้จัดทำ

1. ดร.แพทย์หญิง ฉันทนา ผดุงทศ	ผู้อำนวยการกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม
2. นายณัฐพงศ์ แหละหมัน	นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการพิเศษ ศูนย์พัฒนาวิชาการอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จังหวัดระยอง
3. ดร.นายแพทย์ ธรรมสินธ์ อิงวิยะ	อาจารย์คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
4. ผศ.ดร.นายแพทย์ พลเทพ วิจิตรคุณากร	อาจารย์คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
5. รศ.ดร.ฐิติวร ชูสง	อาจารย์คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
6. นางสาวณราวดี ชินราช	นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ ศูนย์พัฒนาวิชาการอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จังหวัดระยอง
7. นางสาวธันย์ชนก นาแหลม	นักวิชาการสาธารณสุขปฏิบัติการ ศูนย์พัฒนาวิชาการอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จังหวัดระยอง

จัดพิมพ์และเผยแพร่โดย

ISBN 978-616-11-4713-6

พิมพ์ที่ สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์

พิมพ์ครั้งที่ 1 กรกฎาคม 2564 จำนวน 1,000 เล่ม

จัดทำโดย ศูนย์พัฒนาวิชาการอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จังหวัดระยอง
กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม และ ดร.นายแพทย์ ธรรมสินธ์ อิงวิยะและคณะ

กิตติกรรมประกาศ

คู่มือ หลักการระบาดวิทยาสำหรับงานอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่พัฒนาพิเศษภาคตะวันออกฉบับนี้สำเร็จได้เพราะได้รับความร่วมมืออย่างดียิ่งจากผู้เชี่ยวชาญจากกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม และผู้เชี่ยวชาญจากคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้ร่วมจัดทำ และตรวจสอบให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ที่กรุณาให้คำแนะนำจนทำให้คู่มือสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

คำนำ

การพัฒนาภาคอุตสาหกรรมตามนโยบายของรัฐบาลที่ประกาศให้มีโครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก หรือ Eastern Economics Corridor (EEC) ในพื้นที่ 3 จังหวัดในเขตภาคตะวันออก ประกอบด้วย จังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง และจังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นแหล่งของอุตสาหกรรมต่างๆ และมีการพัฒนาอุตสาหกรรมที่ต่อเนื่องจากอุตสาหกรรมเดิม ผลพลอยได้จากการผลิตและปัญหาการปนเปื้อนหลัก เช่น การปนเปื้อนสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในพื้นที่เขตควบคุมมลพิษจังหวัดระยองและมลพิษอื่นๆ ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบแบบเรื้อรังและเป็นสิ่งที่ประเมินได้ยากและมีความสลับซับซ้อน ดังนั้นในกระบวนการเฝ้าระวัง ป้องกัน ผลกระทบต่อสุขภาพจึงต้องใช้องค์ความรู้ด้านระบาดวิทยาในการดำเนินงานเพื่อเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน ประชาชนและสิ่งแวดล้อมบริเวณใกล้เคียงควบคู่กันไปด้วย

ศูนย์พัฒนาวิชาการอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จังหวัดระยอง กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ได้เล็งเห็นความสำคัญในการพัฒนาระบบการเฝ้าระวังโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ โดยใช้หลักการระบาดวิทยาสำหรับงานอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่พัฒนาพิเศษภาคตะวันออก จึงร่วมกับ ดร.นายแพทย์ ธรรมสินธ์ อิงวิยะและคณะ ในสังกัดคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในการจัดทำคู่มือหลักการระบาดวิทยาสำหรับงานอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่พัฒนาพิเศษภาคตะวันออก เพื่อเป็นตำราทางวิชาการสำหรับเผยแพร่ความรู้ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สถาบันการศึกษา และผู้ที่สนใจสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการทำงานด้านการเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรคและภัยสุขภาพของประชาชนในพื้นที่พัฒนาพิเศษภาคตะวันออก และพื้นที่พัฒนาเศรษฐกิจอื่น ๆ ต่อไป

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1	หลักระบาดวิทยาเบื้องต้น	7
บทที่ 2	หลักระบาดวิทยาสำหรับงานอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม	23
บทที่ 3	หลักการทางอนามัยสิ่งแวดล้อม	37
บทที่ 4	หลักการประเมินการสัมผัสด้านอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม	45
บทที่ 5	เครื่องมือในการประเมินการสัมผัสและการแปรผลด้านอาชีวอนามัย และอนามัยสิ่งแวดล้อม	57
บทที่ 6	การใช้ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarkers) ในการประเมิน และเฝ้าระวังทางอนามัยสิ่งแวดล้อม	69
บทที่ 7	การวัดผลลัพธ์ทางสุขภาพเกี่ยวเนื่องจากเหตุสิ่งแวดล้อม (Health Outcome Related to Environmental Exposure)	79
บทที่ 8	การวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการและมาตรฐาน (Laboratory Analysis and Laboratory Standard)	91
บทที่ 9	ความผิดพลาดทางการวัดและการเก็บข้อมูลที่เกิดขึ้นได้บ่อย ในกรณีของอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม (Measurement Error and Common Pitfall in Occupational and Environmental Health)	103
บทที่ 10	หลักการพื้นฐานการสอบสวนโรคจากการประกอบอาชีพและโรคจากสิ่งแวดล้อม	111
บทที่ 11	สถานการณ์ด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษ ภาคตะวันออก (EEC)	123
บทที่ 12	กรณีศึกษา: ตะกั่ว	137

บทที่ 1

หลักระบาดวิทยาเบื้องต้น

บทที่ 1

หลักระบาดวิทยาเบื้องต้น

โดย ผศ.ดร.นายแพทย์ พลเทพ วิจิตรคุณากร

วัตถุประสงค์

1. มีความรู้พื้นฐานและทักษะการวิเคราะห์ข้อมูล การแก้ปัญหาโจทย์ทางระบาดวิทยา
2. สามารถนำความรู้ ความเข้าใจด้านระบาดวิทยา เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนางานต่อไป
3. สามารถสืบค้นและเข้าใจข้อมูลด้านระบาดวิทยาเบื้องต้น

นิยามของระบาดวิทยาและการวิจัย

ตามคำนิยามของระบาดวิทยานั้น "ระบาดวิทยา คือ การศึกษาการกระจาย (distribution) และสิ่งกำหนดหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้อง (determinant) ของความถี่การเกิดโรค (frequency) ในประชากร เพื่อควบคุมปัญหานั้น" (Charlton, 1996; Last, 2001) โดยแนวคิดทางการแพทย์เริ่มมาตั้งแต่ก่อนคริสตศักราช สมัย Hippocrates ที่ให้แนวคิดว่าโรคภัยไข้เจ็บไม่ได้มาจากภูตผีปีศาจ แต่มีสาเหตุอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งนั้นถือเป็นต้นกำเนิดของระบาดวิทยาดั้งเดิม (classical epidemiology) หรือที่หนังสือหรือนักวิชาการหลายท่านเรียกว่า ระบาดวิทยาสาธารณสุข (public health/field epidemiology) ซึ่งจุดเริ่มต้นมาจากการหาสาเหตุและควบคุมโรคติดเชื้อ ซึ่งต้องทำงานในพื้นที่กับบุคลากรสาธารณสุขหลากหลายสาขา เช่น พยาบาล นักเทคนิคการแพทย์ สัตวแพทย์ นักชีววิทยา เป็นต้น จนกระทั่งมีการศึกษาเชิงลึกมากขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงระดับบุคคล (individual) และมองถึงมุมกว้างมากกว่าการเกิดโรค จึงเป็นการถือกำเนิดระบาดวิทยาคลินิก (clinical epidemiology) โดย John Rodman Paul (ค.ศ. 1893-1971) และ Alvan Richard Feinstein (ค.ศ. 1925-2001) โดยความสำคัญ คือ ระบาดวิทยาคลินิกเป็นส่วนสำคัญของหลักฐานเชิงประจักษ์ทางการแพทย์และการตัดสินใจทางการแพทย์ (clinical epidemiology is a part of Evidence Based Medicine and clinical decision making) (Anderson et al., 2005)

สำหรับการวิจัย (research) ประกอบไปด้วยรากศัพท์สองส่วน คือ Re แปลว่า การทำซ้ำ และ search แปลว่า การค้นคว้า ดังนั้น การวิจัย หมายถึง การค้นคว้าหาความจริงเพื่อให้ได้องค์ความรู้ใหม่ โดยใช้กระบวนอย่างเป็นระบบหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Porta, 2014)

การกระจายของปัญหาหรือโรค (distribution)

การศึกษาเพื่อหาประชากรเสี่ยงเพื่อเป็นเป้าหมายของการควบคุมป้องกัน โดยหาสาเหตุว่าทำไมจึงเกิดโรคมากกว่าประชากรกลุ่มอื่น โดยลักษณะลักษณะการกระจายของปัญหาหรือโรคมีอยู่ 3 แบบหลัก ๆ ซึ่งมีวิธีการนำเสนอที่แตกต่างกัน ได้แก่

- เวลา (time) มักจะใช้เป็น epidemic curve
- สถานที่ (place) มักจะใช้แผนที่
- บุคคล (person) มักใช้เป็น histogram

หลังจากนั้นจะทำการประเมินสถานการณ์ โดยพยายามหา pathogen, source และ transmission โดยการตั้งสมมติฐานเบื้องต้นว่าจากการศึกษาเชิงพรรณนาน่าจะเกิดจากสิ่งเหล่านี้ เพื่อศึกษาเชิงวิเคราะห์ต่อไป

องค์สามทางระบาดวิทยา (epidemiology triad)

โดยปกติแล้วจะมีภาวะสมดุลกันระหว่างองค์ประกอบทั้งสาม (stage of equilibrium) ซึ่งหมายถึง ปัจจัยทั้ง 3 อยู่ในสภาวะสมดุลกัน (eugenic factors) แต่เมื่อไรก็ตามเกิดภาวะไม่สมดุลกันก่อจะมีความเสี่ยงในการเกิดปัญหาได้ โดยองค์ประกอบทั้งสามนั้นประกอบไปด้วย

1. สิ่งก่อโรค (agent) ที่คุ้นเคย ได้แก่ เชื้อโรค (pathogen) แต่อย่างไรก็ตามอาจจะไม่ใช่เชื้อโรคก็ได้ อันได้แก่ สิ่งก่อโรคทางชีววิทยา (biological) ทางเคมี (chemical) พลังงาน (energy) รวมถึงปัจจัยเสี่ยงโรคไม่ติดต่อเรื้อรังต่าง ๆ เช่น บุหรี่ สุรา ไม่ออกกำลังกายหรือการกินอาหารไม่ดี เป็นต้น

สำหรับโรคติดเชื้อนั้นสิ่งก่อโรคหรือเชื้อโรคนั้นมีคุณสมบัติในการก่อโรค ดังนี้

- Infectivity หมายถึง สัดส่วนระหว่างผู้ติดเชื้อ ต่อผู้สัมผัสเชื้อทั้งหมด (วิธีการคำนวณ คือ ผู้ติดเชื้อ/ผู้สัมผัสเชื้อทั้งหมด)
- Pathogenicity หมายถึง สัดส่วนระหว่างผู้ติดเชื้อที่เป็นโรค ต่อผู้ติดเชื้อทั้งหมด (วิธีการคำนวณ คือ ผู้ติดเชื้อที่มีอาการ/ผู้ติดเชื้อทั้งหมด)
- Virulence หมายถึง สัดส่วนระหว่างผู้ที่มีเสียชีวิต ต่อผู้ที่มีเป็นโรคทั้งหมด โดยนิยมวัดค่าเป็น Case fatality rate (CFR) โดยโรคที่มีค่า CFR สูง เช่น โรคพิษสุนัขบ้า (rabies) และโรคแอนแทรกซ์ (anthrax) เป็นต้น
- immunogenicity คือ คุณสมบัติในการกระตุ้นภูมิต้านทาน

2. คน (host) ปัจจัยที่มีผลต่อความไม่สมดุลที่พบบ่อย ได้แก่ อายุ เพศ พฤติกรรม ภาวะโภชนาการ ภูมิคุ้นกันโรค (immunization) ความต้านทานของร่ายกาย เช่น ความแข็งแรง หรือกลไกการป้องกันต่าง ๆ การจาม การไอ กรดในกระเพาะอาหาร พันธุกรรม รวมถึงพฤติกรรมต่าง ๆ

3. สิ่งแวดล้อม (environment) อาจจะเป็นด้านกายภาพ (physical) เคมี (chemical) ชีววิทยา(biological) รวมถึงทางเศรษฐกิจและสังคม (socio-economic) เช่น ฤดูกาลเนื่องจากบางเชื้อจะเจริญเติบโตได้ดีในความชื้นสูง

ชนิดของรูปแบบการวิจัย

ชนิดของรูปแบบการวิจัยสามารถแบ่งได้หลากหลาย ในที่นี้จะขออ้างอิงหลักเกณฑ์ของหนังสือ Basic Epidemiology โดยองค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) (Bonita, Beaglehole, Kjellström, santé, & Organization, 2006; Nukiwa, 2012) ดังนี้

1) การศึกษาแบบสังเกต (observational studies)

1.1) Descriptive study เป็นการบรรยายการเกิดโรคหรือปัญหาสุขภาพในกลุ่มประชาชนหรือผู้ป่วย ซึ่งมักเป็นขั้นตอนแรกเริ่มของการวิจัยทางการแพทย์และสาธารณสุข รูปแบบการศึกษาในกลุ่มนี้มักจะเป็น “การสร้างสมมติฐาน (hypothesis generating)”

1.1.1) Case report งานวิจัยประเภท case report มักจะเป็นงานวิจัยทางการแพทย์ โดยผู้วิจัยให้ข้อมูลเกี่ยวกับอาการ อาการแสดง การตรวจวินิจฉัย การรักษา หรือผลข้างเคียงต่าง ๆ ของผู้ป่วยเพียงหนึ่งคน ซึ่งมักจะเป็นโรคที่พบได้ไม่บ่อยหรือเป็นโรคเกิดใหม่ โดยจุดมุ่งหมายของงานวิจัยประเภทนี้ เพื่อติดตามผู้ป่วยที่น่าสนใจทางการแพทย์

1.1.2) Case series งานวิจัยประเภท case series มีความคล้ายกับ case report แต่มีจำนวนผู้ป่วยมากกว่าหนึ่งราย แต่รายละเอียดของการการรายงานจะคล้ายคลึงกับ case report ตัวอย่างที่สำคัญ คือ การศึกษาในปี 1981 รายงานผู้ป่วยวัยรุ่นชายที่เป็นโรคปอดอักเสบที่พบได้ยาก ซึ่งมารู้ในภายหลังว่าเป็นโรคเอดส์ (acquired immunodeficiency syndrome, AIDS) (Gottlieb et al., 1981)

1.1.3) Cross-sectional study ในภาษาไทยเรียกว่า "**การศึกษาภาคตัดขวาง**" เป็นการศึกษาที่มีการเก็บข้อมูลตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งอาจประกอบไปด้วยตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง (single point in time) ดังนั้น ประโยชน์ที่สำคัญตามนิยามของระบาดวิทยา คือ การบรรยายการกระจายตัวของโรคหรือปัจจัยก่อโรคตามปัจจัยเวลา (time) สถานที่ (place) และบุคคล (person) ได้

1.2) **Analytic study** เป็นการศึกษาต่อยอดจาก descriptive study โดยมีเป้าหมายในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างสถานะสุขภาพและปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งอาจจะเป็น ปัจจัยก่อโรค การตรวจโรค หรือการรักษาก็ได้ คุณค่าของรูปแบบการศึกษาในกลุ่มนี้ คือ "การทดสอบสมมติฐาน (hypothesis testing)"

1.2.1) Cross-sectional หรือการศึกษาภาคตัดขวาง จุดที่น่าสังเกต คือ รูปแบบการศึกษานี้สามารถเป็นได้ทั้ง descriptive และ analytic study โดยข้อมูลตัวแปรต้น (exposure) และตัวแปรตาม (outcome) จะถูกเก็บข้อมูลพร้อมกัน ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง จึงสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ (association) ระหว่างกันได้ แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าตัวแปรใดเป็นเหตุหรือผล ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่สำคัญของการศึกษาประเภทนี้ ในขณะที่การศึกษาประเภท case-control และ cohort ไปจะลบล้างข้อจำกัดนี้ไป

1.2.2) Case-control การศึกษาประเภท case-control นั้น เป็นการศึกษาวิจัยที่เริ่มต้นเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นโรคและไม่เป็นโรค (outcome หรือ disease) แล้วเก็บข้อมูลตัวแปรต้น (exposure) ย้อนหลังในอดีต โดยมีประโยชน์ในการทดสอบสมมติฐานสาเหตุของการเกิดโรคหรือภาวะโรคที่พบได้น้อย

1.2.3) Cohort การศึกษาประเภท cohort เป็นการศึกษาที่เริ่มต้นเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับและไม่ได้รับตัวแปรต้นหรือปัจจัยเสี่ยง (exposure) โดยจุดเริ่มต้นจะต้องยังไม่เกิดโรค (free of outcome/disease) แล้วติดตามไปถึงการเกิดโรคและไม่เกิดโรค (outcome/disease) ของแต่ละกลุ่ม ดังนั้น จะเห็นว่าการศึกษาชนิดนี้สามารถหาอุบัติการณ์ (incidence) ได้ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาประเภท case-control จึงเป็นที่มาของการเรียกชื่อการศึกษาประเภทนี้ว่า "follow up study" หรือ "incidence study" นั่นเอง

2) การศึกษาประเภททดลอง (experimental studies)

หมายถึง การศึกษาที่ผู้วิจัยเปลี่ยนหรือเพิ่มตัวแปรต้นด้วยตนเอง ซึ่งอาจจะเป็นปัจจัยก่อโรค พฤติกรรมสุขภาพหรือการรักษาก็ได้ แบ่งได้เป็นสามชนิดสำคัญ ได้แก่ Randomized controlled trials (RCT), field trials และ community trials

ระดับของการป้องกันโรค (level of prevention)

ระดับของการป้องกันโรคสามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 หรือ 4 กลุ่ม ตามการดำเนินการของโรค แต่อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ หลายครั้งที่ต้องใช้หลากหลายระดับหรือมาตรการการป้องกันโรคพร้อม ๆ ในที่หนึ่ง ๆ ซึ่งเรียกว่า ***"การดูแลแบบครอบคลุมผสมผสาน (comprehensive care)"*** ในที่นี้จะขอกล่าวถึงนิยามและตัวอย่างของระดับการป้องกันแต่ละระดับ ดังนี้

1) Primordial prevention

คือ การป้องกันก่อนการป้องกันปฐมภูมิ กล่าวคือ กำจัดความเสี่ยงทางสุขภาพไปเลย โดยทั่วไปมักจะเป็นเชิงกฎหมายหรือนโยบาย เช่น ห้ามผลิต หรือห้ามนำเข้าสินค้าเสี่ยง หรือการทำถนน

2) การป้องกันปฐมภูมิ (primary prevention)

คือ การป้องกันโรคตั้งแต่อยู่ในขั้น stage of susceptibility คือ ยังไม่เกิดโรค แต่เสี่ยงต่อการเกิดโรค ซึ่งการป้องกันในขั้นนี้จะช่วยลดอุบัติการณ์ในการเกิดโรค (incidence) โดยทั่วไป primary prevention อาจจะแบ่งออกย่อยได้เป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

- General protection เช่น การให้ความรู้ (health education) การจัดรณรงค์ (campaign) หรือการจัดการสิ่งแวดล้อมหรือสุขาภิบาล (environmental health and sanitation control)
- Specific protection เช่น การให้วัคซีนเฉพาะโรค หรือการใส่หมวกกันน็อคเพื่อป้องกันอุบัติเหตุศีรษะจากอุบัติเหตุจราจร

3) การป้องกันทุติยภูมิ (secondary prevention)

เป็นการหาโรคให้เร็ว (early detection) และรับการรักษาอย่างรวดเร็ว (promptly provide effective intervention) โดยจะทำในกลุ่มคนในขั้น ***stage of pre-clinical disease เป็นหลัก*** ที่เริ่มเป็นโรคแล้ว แต่อาจจะยังไม่แสดงอาการ หรืออาจจะเป็นขั้น ***stage of clinical disease ในช่วงแรกก็ได้*** โดยหวังผลเพื่อหยุดหรือชะรอการดำเนินการของโรคและการแพร่กระจายของโรค ซึ่งประกอบไปด้วย 2 มาตรการหลัก ดังนี้

- การคัดกรองโรคเบื้องต้น (early detection of asymptomatic case or screening) เช่น การตรวจสุขภาพประจำปี (annual checkup) คัดกรองมะเร็งปากมดลูก (pap smear)
- การวินิจฉัยอย่างรวดเร็ว (early diagnosis and prompt treatment of symptomatic case) เช่น diagnosis and treatment of symptomatic HIV disease, diagnosis and intensive treatment of acute MI

4) การป้องกันตติยภูมิ (tertiary prevention)

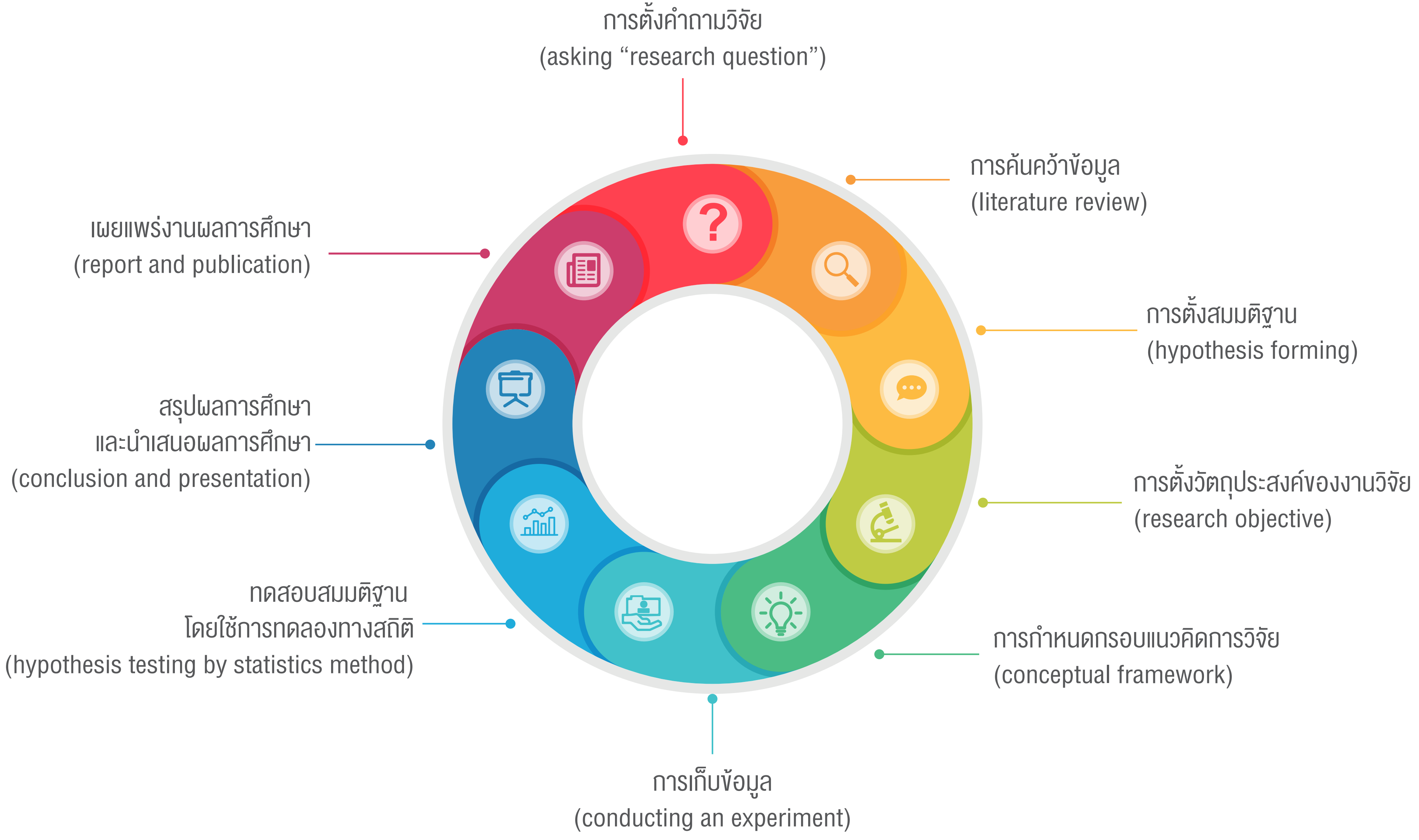
การป้องกันหรือลดความเสื่อมหรือพิการระยะยาว ดังนั้น โดยทั่วไปกลุ่มเป้าหมาย คือ กลุ่มคนในขั้น ***stage of clinical disease เป็นหลัก และอาจจะเป็นขั้น stage of disability ในช่วงแรก ๆ ที่ยังไม่เสื่อมหรือพิการมากนัก*** โดยเพื่อลดความรุนแรงหรือความพิการจากการเกิดโรค โดยทั่วไปประกอบด้วย 2 มาตรการ ได้แก่

- Disability limitation เช่น Hemodialysis in end stage renal disease, amputation in DM foot ulcer, OI prophylaxis in AIDS patients
- Rehabilitation เช่น Physiotherapy in CVA or car accident, counseling and social rehabilitation in advanced HIV disease

การประยุกต์ความรู้ด้านระบาดวิทยาในการทำวิจัยทางการแพทย์และสาธารณสุข

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ใด ๆ ในการหาคำตอบสิ่งใดสิ่งหนึ่งเพื่อได้องค์ความรู้ใหม่ ๆ นั้นมี 10 ขั้นตอนหลัก (ภาพที่ 1.1) ดังนี้

1) การตั้งคำถามวิจัย (asking "research question")
2) การค้นคว้าข้อมูล (literature review)
3) การตั้งสมมติฐาน (hypothesis forming)
4) การตั้งวัตถุประสงค์ของงานวิจัย (research objective)
5) การกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย (conceptual framework)
6) การเขียนโครงร่างวิจัย (writing a research proposal)
7) การเก็บข้อมูล (conducting an experiment)
8) ทดสอบสมมติฐาน โดยใช้การทดสอบทางสถิติ (hypothesis testing by statistics method)
9) สรุปผลการศึกษาและนำเสนอผลการศึกษา (conclusion and presentation)
10) เผยแพร่งานผลการศึกษา (report and publication)



ภาพที่ 1.1 ขั้นตอนในการทำวิจัยทางการแพทย์และสาธารณสุข

1) การตั้งคำถามวิจัย (asking "research question")

การตั้งคำถามวิจัยเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการวิจัย โดยคำถามวิจัยที่ดีนั้นควรมากจากช่องว่างของความรู้ (gap of knowledge) (Haynes, Sackett, Guyatt, & Tugwell, 2006)

ที่มาของคำถามวิจัยอาจมาได้จากหลากลายสาเหตุ เช่น ข้อสงสัยจากการทำงานในโรงพยาบาล ต่อยอดงานวิจัยในอดีตทั้งของตนเองหรือนักวิจัยท่านอื่น ประเด็นเพื่อการขับเคลื่อนนโยบายสาธารณสุข เป็นต้น

Hulley และคณะได้เสนอเกณฑ์ของคำถามวิจัยที่ดีนั้นควรมีลักษะตาม **FINER criteria** ดังนี้ (Hulley, Cummings, Browner, Grady, & Newman, 2013)

- **F: Feasible (ความเป็นไปได้)** หมายถึง มีความเป็นไปได้ในการเข้าถึงกลุ่มตัวอย่าง ขนาดตัวอย่าง วิธีการทำวิจัย ปัจจัยทรัพยากรเหมาะสม ทั้งเวลาและงบประมาณการวิจัย รวมถึงสามารถบริหารจัดการงานวิจัยจนสำเร็จได้
- **I: Interesting (ความน่าสนใจ)** หมายถึง บุคคลทั่วไปในสังคม คนให้ทุนวิจัยและทีมวิจัยมีความสนใจในคำถามวิจัยนั้น
- **N: Novel (ความแปลกใหม่)** หมายถึง คำถามของคำถามวิจัยนี้จะสามารถเพิ่มองค์ความรู้ใหม่ให้แก่สังคมได้ ซึ่งอาจจะเป็นการยืนยันเพิ่มเติม (confirm/extend) หรือหักล้างหรือปฏิเสธ (refute) ประเด็นบางอย่างให้แก่งานวิจัยในอดีตได้
- **E: Ethical (ประเด็นจริยธรรมการวิจัย)** หมายถึง กระบวนการวิจัยสามารถดำเนินไปได้โดยไม่ขัดแย้งต่อหลักเกณฑ์จริยธรรมและน่าจะผ่านอนุมัติจากที่ประชุมของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน (Institutional Review Board; IRB)
- **R: Relevant (ความหมายของงานวิจัย)** หมายถึง สอดคล้องและมีความสำคัญกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ หรือการศึกษาวิจัยในอนาคต

นอกจากเกณฑ์ FINER แล้วโครงสร้างของคำถามวิจัยที่ดีควรจะต้องมีความเฉพาะเจาะจง (specific) เพื่อประโยชน์ในการกำหนดทิศทางการศึกษาค้นคว้า (literature review) และออกแบบงานวิจัยได้ตรงประเด็น ในประเด็นต่าง ๆ เหล่านี้ตามเกณฑ์ของ **PICO framework** (Richardson, Wilson, Nishikawa, & Hayward, 1995)

- **P: Population (patients)** หมายถึง ควรระบุถึงกลุ่มประชากรหรือกลุ่มผู้ป่วยที่เราสนใจหรือเกิดปัญหา ซึ่งถ้ากำหนดได้ดีจะส่งผลดีต่อการกำหนดเกณฑ์คัดเข้า (inclusion criteria) และคัดออก (exclusion criteria) ซึ่งจะเป็นผลดีต่อความถูกต้องภายใน (internal validity) และลดความลำเอียง (bias) ได้ ในทางตรงกันข้าม ถ้ามีความจำเพาะเจาะจงมากก็ส่งผลเสียต่อความถูกต้องภายนอก (external validity) ในการนำไปใช้กับประชากรกลุ่มอื่น ๆ เช่นกัน
- **I: Intervention (for intervention studies only)** หมายถึง ปัญหาดังกล่าวได้รับการป้องกัน วินิจฉัย รักษา หรือจัดการอย่างไร
- **C: Comparison group** หมายถึง กลุ่มเปรียบเทียบที่ต้องการเปรียบเทียบผลลัพธ์หรือประสิทธิผลกับกลุ่มที่ได้รับ intervention ที่กำลังศึกษาสนใจ เช่น การคัดกรอง วินิจฉัยหรือรักษาแบบเก่า เป็นต้น
- **O: Outcome of interest** หมายถึง ระบุผลลัพธ์ (outcome) ที่ต้องการทราบเพื่อนำมาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม intervention และ comparison ซึ่งควรเป็นสิ่งที่วัดได้ (measurable)

หลังจากมีกรอบแนวคิด PICO framework แล้วนั้น ได้มีการพัฒนากรอบแนวคิดเพื่อให้เหมาะสมกับการศึกษารูปแบบต่าง ๆ หรือในบริบทที่แตกต่างกัน ดังนี้

- **PICo framework** เนื่องจาก PICO framework นั้นเหมาะสำหรับการศึกษาวิจัยเชิงปริมาณแบบทดลอง ซึ่งไม่สามารถใช้ได้กับงานวิจัยเชิงปริมาณแบบพรรณนาได้ จึงมีการแก้ไขเป็น PICo โดย I จะหมายถึง phenomenon of Interest หรือ ปรากฏการณ์ที่เราต้องการค้นคว้าวิจัย และ Co หมายถึง Context หรือ บริบทที่เราต้องการศึกษา เช่น ชุมชนเมืองหรือชนบท หอผู้ป่วยนอกหรือผู้ป่วยใน เป็นต้น
- **PICOT framework** โดยเพิ่ม T ซึ่งหมายถึง Time คือ ช่วงเวลาในการติดตามที่เหมาะสมในการประเมินผลลัพธ์ (outcome)

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบกรอบแนวคิด PICO และ PICo framework

หัวข้อ	Framework	
	PICO	PICo
รูปแบบงานวิจัยที่ใช้	งานวิจัยเชิงปริมาณที่เป็นแบบทดลอง ได้แก่ RCT, Quasi experimental study เป็นต้น	งานวิจัยเชิงปริมาณแบบพรรณนา ได้แก่ Descriptive cross-sectional หรือเชิงคุณภาพ (qualitative study)
องค์ประกอบ		
P	**P:** Participant	**P:** Participant
I	**I:** Intervention	**I:** phenomenon of Interest
C	**C:** Comparison	**Co:** Context
O	**O:** Outcome	

นอกจากข้างต้นแล้วยังมี SPIDER และ SPICE framework อีก แต่ขอไม่กล่าวไว้ ณ ที่นี้

นักวิจัยหลายท่านในทางปฏิบัติจะเริ่มต้นจากว่าเรามีข้อมูล (data) แบบนี้ แล้วค่อยมาคิดคำถามวิจัย ซึ่งแนวคิดเช่นนี้นับว่าไม่ค่อยเหมาะสมสำหรับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นัก เนื่องจากจะขาดขั้นตอนในการควบคุมปัจจัยกวน (confounder) รวมถึงวิธีการเก็บข้อมูลที่อาจไม่รัดกุมเพียงพอ หรือแม้กระทั่งขนาดตัวอย่างที่ไม่เพียงพอ เป็นต้น

2) การค้นคว้าข้อมูล (literature review)

เป็นการสืบค้นข้อมูลการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาในประเด็นที่เราสนใจซึ่งได้ระบุไว้อย่างชัดเจนอย่างเป็นระบบแบบแผน โดยใช้เทคนิคการสืบค้นแบบมีกรอบ (PICO framework) ซึ่งเราสามารถใช้ keyword ที่เราระบุไว้ใน PICOT เป็นคำสืบค้น (searching terms) ในฐานข้อมูล (database) และอ่านอย่างมีวิจารณญาณพร้อมกับประเมินค่าของงานวิจัย (critical appraisal)

ฐานข้อมูลที่ได้รับการเชื่อถือทางการแพทย์ที่สำคัญ ได้แก่ MEDLINE (PubMed), Web of Science และ SCOPUS ซึ่งในวงการแพทย์อาจจะคุ้นเคยกับ MEDLINE หรือ PubMed มากที่สุด ซึ่งดูผิวเผินแล้วอาจจะดูง่าย แต่จริง ๆ แล้วเป็นทักษะการสืบค้น (search strategy) นั้นมีเทคนิคมากมาย เช่น คำเหมือน (synonym) คำพ้อง (thesaurus) การกำหนดเงื่อนไข (Boolean operation) การสืบค้นด้วยหัวข้อ (Medical Subject Heading, MeSH) การสืบขั้นขั้นสูง (advanced search) เป็นต้น

3) การตั้งสมมติฐาน (hypothesis forming)

ก่อนการตั้งสมมติฐานของงานวิจัยได้จะต้องค้นคว้าหาความรู้อย่างเป็นระบบจากขั้นตอนก่อนหน้านี้อย่างดีแล้ว โดยผู้วิจัยจะตั้งสมมติฐานของงานวิจัย (research hypothesis) ก่อน จากนั้นจะแปลงเป็นสมมติฐานทางสถิติ (statistical hypothesis) ซึ่งจะเริ่มต้นจากการสร้างสมมติฐานหลัก (null hypothesis; H_0) จากนั้นจึงสร้างสมมติฐานรอง (alternative hypothesis; H_1, H_a)

การตั้งสมมติฐานและทดสอบสมมติฐานมีความซับซ้อนและมีรายละเอียดอีกมาก สิ่งที่สำคัญซึ่งควรจะทำความเข้าใจ คือ 1-sided หรือ 2-sided hypothesis ซึ่งข้อแตกต่างคือ 2-sided hypothesis testing คือ การทดสอบโดยที่ผู้วิจัยไม่รู้ทิศทางของความแตกต่าง หมายความว่า มีสมมติฐานว่าค่าผลลัพธ์แตกต่างกันแต่ไม่ทราบว่ามากกว่าหรือน้อยกว่า เช่น อัตราการเสียชีวิตของเพศชายไม่เท่ากับเพศหญิง (H_0: $Mortality_{Male} = Mortality_{Female}$ และ H_1: Mortality Male ≠ Mortality Female) เป็นต้น ในขณะที่ 1-sided hypothesis testing นั้น คือ การทดสอบที่ผู้วิจัยพอทราบถึงทิศทางของความแตกต่าง

มาแล้ว เช่น อัตราการเสียชีวิตของเพศชายสูงกว่าหรือเท่ากับเพศหญิง (H_0: Mortality $_{Male}$ ≥ Mortality $_{Female}$ และ H_1: Mortality $_{Male}$ < Mortality $_{Female}$) เป็นต้น ซึ่งหมายความว่าถ้าผู้วิจัยไม่มีข้อมูลใด ๆ มาสนับสนุนการใช้ 1-sided hypothesis testing ก็ควรที่จะใช้ 2-sided hypothesis testing นั่นเอง

จะเห็นได้ว่า การกำหนดสมมติฐานได้ดี จะส่งผลให้ผู้วิจัยออกแบบวิธีการทดสอบสมมติฐานหรือระเบียบวิธีวิจัยได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น เช่น ควรจะเป็น equivalence trial หรือ superior/non-inferior trial เป็นต้น

4) การตั้งวัตถุประสงค์ของงานวิจัย (research objective)

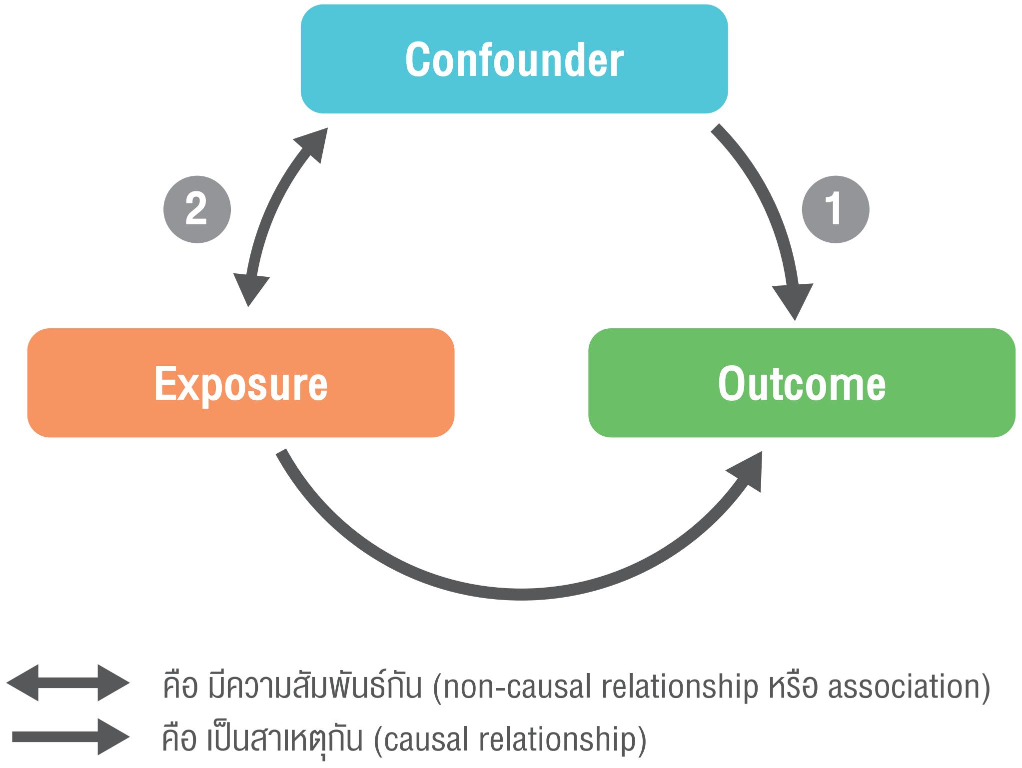
วัตถุประสงค์ของงานวิจัยจะสอดคล้องกับคำถามวิจัยและสมมติฐานของงานวิจัย แต่ต้องมีลักษณะที่วัดได้ชัดเจน กระชับและวัดได้ วัตถุประสงค์มีความจำเป็นที่จะต้องเขียนให้ชัดเจนที่สุด เนื่องจากวัตถุประสงค์จะเป็นสิ่งที่ผู้วิจัยจะยึดเป็นหลักในการเขียนเค้าโครงร่างวิจัย กำหนดรูปแบบงานวิจัย (study design) การคำนวณขนาดตัวอย่าง (sample size calculation) หรือการวิเคราะห์กำลัง (power calculation) ของการศึกษา ซึ่งวัตถุประสงค์ทั้งหมดควรชัดเจนตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผนงานวิจัย ไม่ควรที่จะมีการแก้ไขวัตถุประสงค์หลังจากที่เริ่มเก็บข้อมูลหรือวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว ในกรณีเขียนบทความวิชาการ ผู้เขียนมักจะเขียนวัตถุประสงค์ในส่วนของประโยคสุดท้ายในส่วนกล่าวนำ (introduction) ของบทความวิจัย (manuscript) รวมถึงควรระบุชัดเจนในเค้าโครงร่างวิจัย (proposal) (Hanson, 2006)

การกำหนดวัตถุประสงค์อาจมีได้มากกว่า 1 วัตถุประสงค์ แต่ควรจะต้องมีการระบุอย่างชัดเจนถึงวัตถุประสงค์หลัก (primary objective) และวัตถุประสงค์รอง (secondary objective(s)) รวมถึงควรมีวัตถุประสงค์หลัก (primary objective) เพียงข้อเดียว เนื่องจากงานวิจัยหนึ่งชิ้นนั้นอาจไม่สามารถตอบคำถามวิจัยได้ทั้งหมด แต่ควรตอบวัตถุประสงค์หลักได้ ซึ่งการออกแบบรูปแบบงานวิจัยต้องออกแบบให้เหมาะสมที่สุด เช่น การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง รูปแบบของเครื่องมือ เป็นต้น ที่จะตอบวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยให้ได้ (Sackett, 2000)

5) การกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย (conceptual framework)

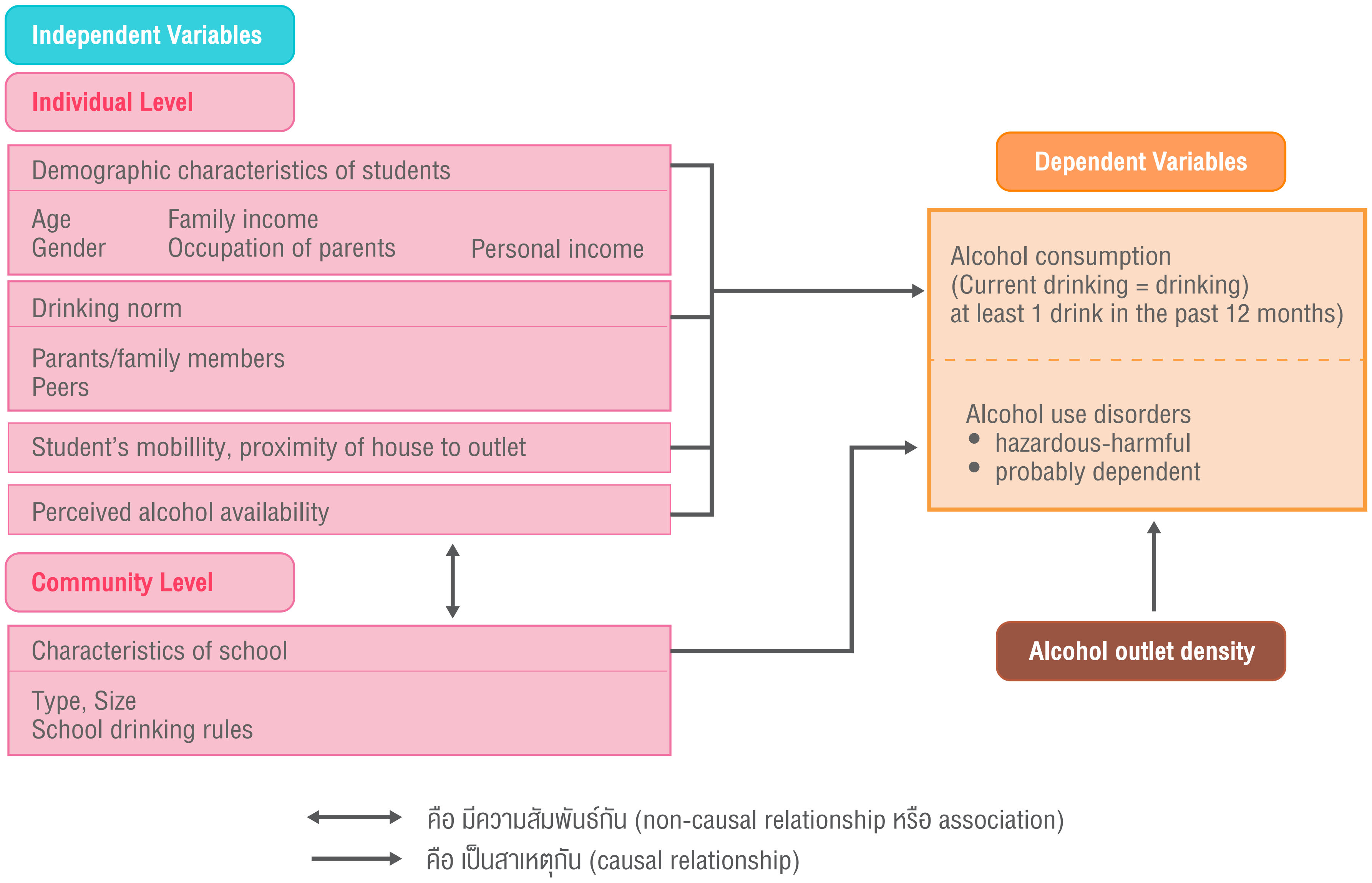
ข้อสำคัญของการเขียนกรอบแนวคิดการวิจัย คือ ควรมีการระบุตัวแปรต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษาในงานวิจัยทั้งหมด ซึ่งอาจแบ่งชนิดของตัวแปรได้อย่างง่าย ดังนี้

- **ตัวแปรต้น (independent, exposure, predictor variables)** หมายถึง ตัวแปรที่เราสนใจศึกษา โดยทั่วไปมักจะเป็นสิ่งที่กำหนด (determinant) การเกิดตัวแปรตามหรือเหตุการณ์ที่เราสนใจ ดังนั้น ตัวแปรนี้จะเป็นอิสระไม่ขึ้นกับตัวแปรตาม จึงมีชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า ตัวแปรอิสระ หรือ independent variable นอกเหนือจากชื่อเรียกเหล่านี้ ยังมีชื่อเรียกอื่น ๆ อีกที่อาจไม่นิยมมาก เช่น ตัวแปรจัดกระทำ (manipulated หรือ treatment variable), ตัวแปรเร้า (stimulus variable) และตัวแปรป้อน (input variable) เป็นต้น
- **ตัวแปรตาม (dependent, outcome variables)** หมายถึง ตัวแปรที่เป็นผลลัพธ์หรือเหตุการณ์ที่เราสนใจ โดยทั่วไปมักจะเป็นโรคภัยไข้เจ็บที่สัมพันธ์หรือเป็นสาเหตุมาจากตัวแปรต้น ชื่อเรียกอื่น ๆ ที่อาจจะได้ยินได้ เช่น effect, result และ consequence เป็นต้น
- **ตัวแปรกวน (confounding variables)** คือ ปัจจัยภายนอกซึ่งไม่ใช่ปัจจัยหลักที่สนใจจะศึกษา แต่มีอิทธิพลต่อความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย (หรือตัวแปรต้น) และผลลัพธ์ (หรือตัวแปรตาม) ที่สนใจศึกษา โดยมีคุณลักษณะ 3 อย่างดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 1.2)
    1. เป็นปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดผลหรือมีความสัมพันธ์แบบที่เป็นสาเหตุ (causal association)
    2. มีความสัมพันธ์กับปัจจัยเสี่ยงที่ศึกษา
    3. ไม่เป็นส่วนหนึ่งของวิถีทางของเหตุที่ทำให้เกิดผลที่ศึกษา



ภาพที่ 1.2 คุณลักษณะ 3 ประการของตัวแปรกวน (confounding variable)

ข้อผิดพลาดอีกประการที่สำคัญ คือ ทิศทางของลูกศรในกรอบแนวคิดการวิจัย โดยการกำหนดลูกศรนั้นจะอ้างอิงจากการทบทวนวรรณกรรม ตามหลักการของระบาดวิทยา มี 2 รูปแบบ ดังนี้ ลูกศรแบบมีทิศทางและลูกศรสองทาง ซึ่งขึ้นกับงานวิจัยที่อ้างถึงว่าสามารถอ้างอิงถึงการอธิบายเชิงเหตุและผล (causal relationship) ได้หรือไม่ อาจกล่าวได้ว่า ถ้าอ้างอิงจากงานวิจัยที่เป็นรูปแบบ cohort หรือ case-control study สามารถใช้ลูกศรมีทิศทางได้ ในขณะที่ถ้างานวิจัยที่อ้างอิงเป็นการศึกษาประเภท cross-sectional study ควรจะใช้ลูกศรสองทาง สามารถดูตัวอย่างการเขียนกรอบแนวคิดการวิจัย (ภาพที่ 1.3)



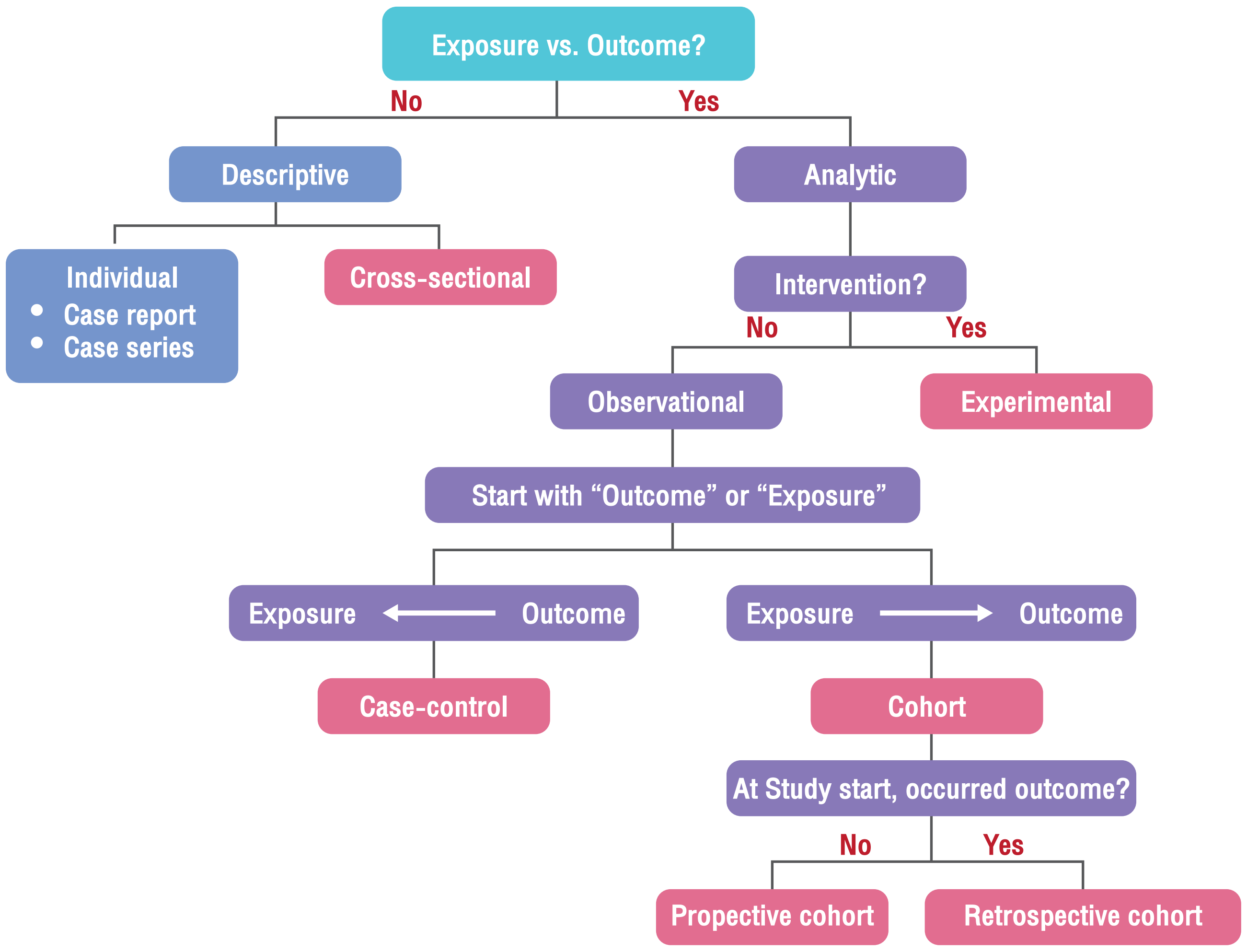
ภาพที่ 1.3 ตัวอย่างการเขียนกรอบแนวคิดการวิจัยของการศึกษาความหนาแน่นของจุดขายเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (alcohol outlet density) และปริมาณการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (alcohol consumption)

6) การเขียนโครงร่างวิจัย (writing a research proposal)

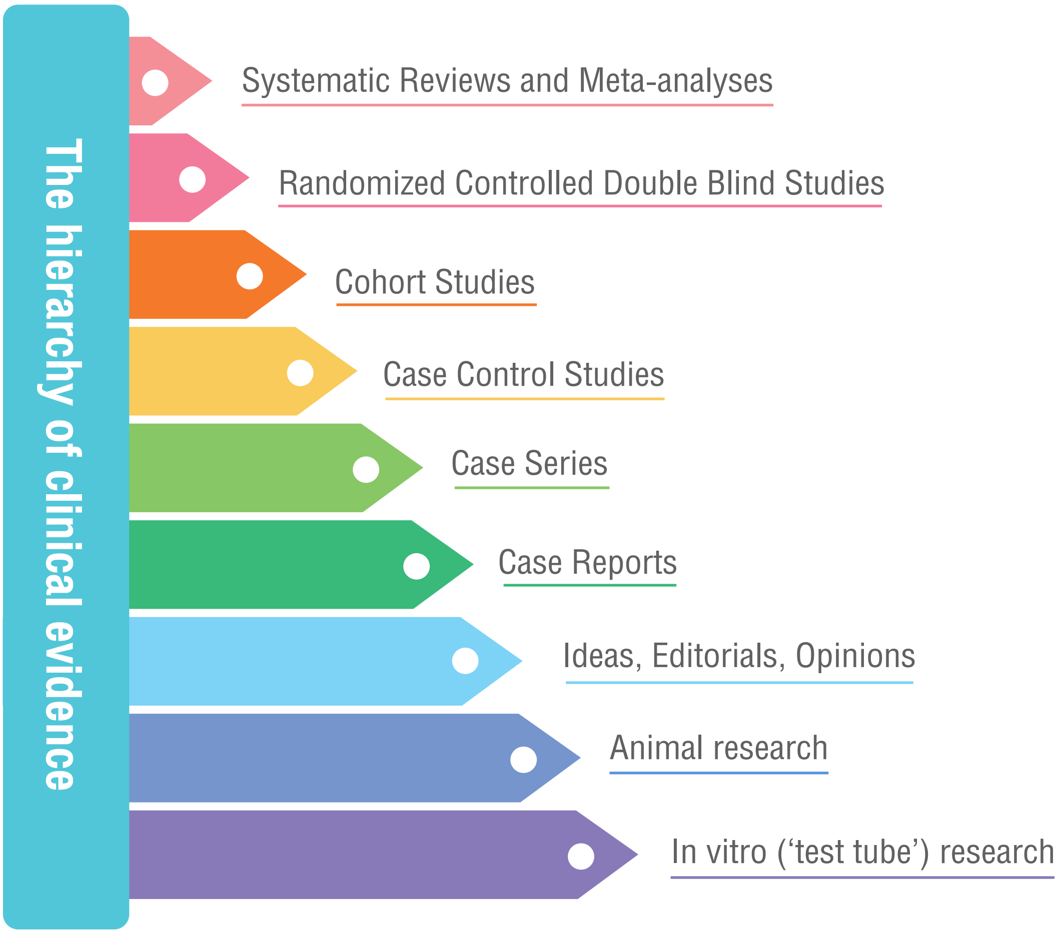
การเขียนโครงร่างวิจัยนั้นมีจุดประสงค์หลัก ได้แก่ เพื่อเสนอขอทุนวิจัยจากแหล่งทุนและเพื่อการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (human research ethics) โดยผู้วิจัยควรจะรู้จักหัวข้อวิจัยของตัวเองดีพอ และเข้าใจว่าแหล่งทุนหรือกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ต้องการทราบข้อมูลประเด็นไหนบ้าง เช่น ประเด็นของ Belmont report ประกอบด้วย 3 ข้อ ได้แก่ หลักความเคารพในบุคคล (respect for person), หลักคุณประโยชน์ (beneficence) และหลักยุติธรรม (justice)

7) การเก็บข้อมูล (conducting an experiment)

ความสำคัญอยู่ที่การทดสอบสมมติฐานใด ๆ จะมีความแม่นยำ (precision) หรือกำลัง (power) เพียงพอนั้นขึ้นกับขนาดของตัวอย่าง (sample size) ซึ่งการคำนวณขนาดตัวอย่างนั้นมีรายละเอียดอีกมากมาย แต่ประเด็นหนึ่งที่ต้องพิจารณา คือ จุดประสงค์หลักของงานวิจัยและรูปแบบการศึกษาวิจัย (study design) โดยมีประเด็นที่ควรศึกษา ได้แก่ วิธีพิจารณารูปแบบการวิจัย (Sackett, 2000) (ภาพที่ 1.4) และระดับความน่าเชื่อถือของแต่ละรูปแบบงานวิจัย (Rosner, 2012) (ภาพที่ 1.5)



ภาพที่ 1.4 รูปแบบการศึกษาวิจัย (study design) ดัดแปลงจาก Grimes DA และ Schulz KF (Grimes & Schulz, 2002)



ภาพที่ 1.5 The hierarchy of clinical evidence ดัดแปลงจาก Anthony R (Rosner, 2012)

เมื่อได้ขนาดตัวอย่างมาแล้ว จากนั้นต้องทำการสุ่มตัวอย่าง (sample selection หรือ sampling technique) ซึ่งสาเหตุที่ต้องทำการสุ่มตัวอย่าง คือ

1. **การเลือกหน่วยตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็น (probability sampling)**
   - การเลือกหน่วยตัวอย่างอย่างง่าย (simple random sampling, SRS)
   - การเลือกหน่วยตัวอย่างแบบมีระบบ (systematic sampling, SYS)
   - แผนการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (stratified sampling)
   - แผนการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (cluster sampling)
2. **การเลือกหน่วยตัวอย่างโดยไม่ใช้ความน่าจะเป็น (non-probability sampling)**
   - การสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling)
   - การสุ่มตัวอย่างวิธีสะดวก (Convenient sampling/Accidental sampling)
   - การสุ่มตัวอย่างแบบโควตา (Quota sampling)
   - การสุ่มตัวอย่างแบบลูกโซ่ (Snow ball sampling)

การกรอกที่เรานิยมใช้ในการแพทย์และสาธารณสุขปัจจุบัน ได้แก่ การเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและการเก็บจากฐานข้อมูล ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป จากนั้นจะทำการบันทึกข้อมูลโดยปัจจุบันจะใช้โปรแกรมช่วยเหลือ เช่น Epidata, Google Form, KoboToolbox เป็นต้น

8) ทดสอบสมมติฐาน โดยใช้การทดสอบทางสถิติ (hypothesis testing by statistics method)

จุดประสงค์ของการทดสอบสมมติฐาน คือ เพื่อที่จะอ้างอิง (inference) ผลการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง (sample) ไปสู่ประชากร (population) โดยผู้วิจัยจะทำการทดสอบสมมติฐานหลัก (null hypothesis) ซึ่งพิจารณาจาก p-value หรือ critical value ซึ่งผลลัพธ์จะมี 2 ทาง ดังนี้

- ปฏิเสธสมมติฐาน (reject [null] hypothesis) หรือ
- ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานได้ (fail to reject [null] hypothesis) ซึ่งไม่เท่ากับยอมรับสมมติฐาน (accept hypothesis) รายละเอียดจะได้กล่าวต่อไป

การปฏิเสธสมมติฐานหลักนั้นจะต้องใช้การทดสอบสถิติ โดยมีหลักการว่า "โอกาสที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักได้นั้น อาจเกิดจากความบังเอิญ (by chance) หรือเป็นสิ่งที่เป็นความเป็นจริง (true significance) การปฏิเสธสมมติฐานหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (statistical significance) มักจะรายงานผลเป็น *p-value ซึ่งหมายถึง ความน่าจะเป็น (probability) ของโอกาสที่จะเกิดการปฏิเสธสมมติฐานหลักโดยบังเอิญ (by chance)*" ซึ่งโดยทั่วไปมักจะกำหนดไว้ที่ p-value <0.05 ให้เป็นค่าที่ถือว่าปฏิเสธสมมติฐานหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจอธิบายได้ว่า โอกาสที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักโดยบังเอิญมีน้อยกว่าร้อยละ 5 ซึ่งไม่น่าจะเกิดขึ้นโดยความบังเอิญ

ปัจจุบันมีโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติหลากหลายโปรแกรม ซึ่งที่นิยม เช่น R, STATA, SPSS เป็นต้น นักวิจัยสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมและความชำนาญ

การวัดเบื้องต้นทางระบาดวิทยาสามารถแบ่งได้ 3 ชนิดหลัก ได้แก่

1. **การวัดขนาด (magnitude or frequency)** เช่น ความชุก (prevalence), อุบัติการณ์ (incidence) เป็นต้น
2. **การวัดความสัมพันธ์ (association)** เช่น อัตราส่วน (ratio), ผลต่าง (difference), รูปแบบ (correlation/regression) เป็นต้น
3. **การวัดผลกระทบ (impact)** เช่น EAF (Exposed Attributable Fraction), PAF (Population Attributable Fraction) เป็นต้น

ความคลาดเคลื่อนในการศึกษาทางระบาดวิทยาสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. **ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความบังเอิญ (random error, chance/probability)**
2. **ความคลาดเคลื่อนจากอคติหรือลำเอียง (systematic error หรือ bias)** ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด ได้แก่ ความลำเอียงจากการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง (selection bias) และความลำเอียงจากได้ข้อมูลไม่ถูกต้อง (information bias)

9) สรุปผลการศึกษาและนำเสนอผลการศึกษา (conclusion and presentation)

ข้อควรระวัง คือ ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจจะไม่มีนัยสำคัญทางคลินิก (clinical significance) ซึ่งหมายถึง สมมติฐานดังกล่าวมีความสำคัญที่จะเห็นผลลัพธ์ได้ชัดในทางปฏิบัติทางคลินิก เช่น มีผลในการลดความดันโลหิตได้อยู่ในระดับที่มีผลต่ออัตราการตาย เป็นต้น

สิ่งที่สำคัญในการสรุปผล คือ การสรุปผลให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาและไม่กล่าวเกินจริงกว่าผลการศึกษาที่ได้ (extrapolation result) และสำหรับการนำเสนอผลการศึกษานั้น สิ่งที่สำคัญ คือ การเลือกใช้กราฟ ไดอะแกรม ตารางที่เหมาะสม และการใช้รูปแบบเอกสารอ้างอิงที่ถูกต้อง

10) เผยแพร่งานผลการศึกษา (report and publication)

การเผยแพร่นั้นมีได้หลากหลายช่องทาง เช่น รายงาน (report) หรือบทความวิจัย (manuscript) หรือแม้กระทั่งการเผยแพร่ให้ประชาชนทั่วไปได้รับทราบ

การเขียนบทความวิจัยนั้น อาจจะอ้างอิงตามหลัก IMRAD ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

- **I: Introduction** เป็นส่วนที่จะเขียนให้เห็นถึงความสำคัญและที่มาของงานวิจัย เนื่องโน้มน้าวให้ผู้อ่านสนใจ โดยทั่วไปอาจประกอบไปด้วย 2 - 4 ย่อหน้า

- **M: Materials and Methods** เป็นการแสดงถึงกระบวนการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยควรเขียนให้เห็นถึงคุณภาพของกระบวนการวิจัย ส่งผลให้ผู้อ่านเชื่อมั่นในข้อมูลของงานวิจัย
- **R: Results** เป็นส่วนที่แสดงถึงผลการศึกษา โดยไม่ควรใส่ความคิดเห็นส่วนตัวของผู้วิจัย
- A: And
- **D: Discussion** เนื้อหาในส่วนนี้ควรครอบคลุมถึงประเด็นเหล่านี้ ได้แก่ อ้างอิงผลการศึกษาอื่น ๆ ที่อาจจะไปในทิศทางเดียวกันหรือคนละทิศทางพร้อมด้วยคำอธิบาย จุดแข็ง (strength) และข้อจำกัด (limitation) ของงานวิจัย ประโยชน์ของงานวิจัย (implication) รวมถึงข้อเสนอแนะในเชิงปฏิบัติหรือทางนโยบาย และการวิจัยในอนาคต

มีประเด็นอื่น ๆ ที่ควรศึกษาเพิ่มเติม เช่น การใช้ reference manager program ที่นิยม ได้แก่ zotero หรือ endnote, การเลือกวารสาร (journal) สำหรับการตีพิมพ์ผลงานวิชาการ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

Anderson, G. M., Bronskill, S. E., Mustard, C. A., Culyer, A., Alter, D. A., & Manuel, D. G. (2005). Both clinical epidemiology and population health perspectives can define the role of health care in reducing health disparities. Journal of clinical epidemiology, 58(8), 757-762.

Bonita, R., Beaglehole, R., Kjellström, T., santé, O. m. d. l., & Organization, W. H. (2006). Basic Epidemiology: World Health Organization.

Charlton, B. G. (1996). The scope and nature of epidemiology. J Clin Epidemiol, 49(6), 623-626. doi:0895-4356(96)00038-8 [pii]

Gottlieb, M. S., Schroff, R., Schanker, H. M., Weisman, J. D., Fan, P. T., Wolf, R. A., & Saxon, A. (1981). Pneumocystis carinii pneumonia and mucosal candidiasis in previously healthy homosexual men: evidence of a new acquired cellular immunodeficiency. New England Journal of Medicine, 305(24), 1425-1431.

Grimes, D. A., & Schulz, K. F. J. T. l. (2002). An overview of clinical research: the lay of the land. 359(9300), 57-61.

Hanson, B. P. (2006). Designing, conducting and reporting clinical research.: A step by step approach. Injury, 37(7), 583-594.

Haynes, R., Sackett, D., Guyatt, G., & Tugwell, P. (2006). Forming research questions. Clinical epidemiology: how to do clinical practice research, 3-14.

Hulley, S. B., Cummings, S. R., Browner, W. S., Grady, D. G., & Newman, T. B. (2013). Designing clinical research: Lippincott Williams & Wilkins.

Last, J. M. (2001). A Dictionary of Epidemiology (4th ed.). Oxford: Oxford University Press.

Nukiwa, T. (2012). An overview of respiratory medicine during the Tsunami Disaster at Tohoku, Japan, on March 11, 2011. Respiratory Investigation, 50(4), 124-128. doi:10.1016/j.resinv.2012.08.004

Porta, M. (2014). A dictionary of epidemiology: Oxford university press.

Richardson, W. S., Wilson, M. C., Nishikawa, J., & Hayward, R. S. (1995). The well-built clinical question: a key to evidence-based decisions. ACP journal club, 123(3), A12-A12.

Rosner, A. L. (2012). Evidence-based medicine: revisiting the pyramid of priorities. J Bodyw Mov Ther, 16(1), 42-49. doi:10.1016/j.jbmt.2011.05.003

Sackett, D. L. (2000). Evidence-based medicine: how to practice and teach. EBM.

บทที่ 2

หลักระบาดวิทยาสำหรับงานอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2

หลักระบาดวิทยาสำหรับงานอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม

โดย ดร.นายแพทย์ ธรรมสินธ์ อิงวิยะ

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการตื่นตัวกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการป้องกันโรคจากการทำงานมากขึ้น และประชากรไทยยังมีความกังวลและความตื่นตัวในเรื่องของโรคที่เกิดจากมลพิษต่างๆ อาทิ เช่น โรคและอาการทางเดินหายใจจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก พัฒนาการเด็กจากการสัมผัสโลหะหนัก เป็นต้น ดังนั้นบุคลากรทางสาธารณสุขจึงจำเป็นที่จะต้องมีความรู้และทักษะที่จะนำไปสู่การค้นหา วิเคราะห์และบรรเทาโรคจากการทำงานและสิ่งแวดล้อมดังกล่าว

ปัจจุบันมีโรคเรื้อรังและเฉียบพลันเกิดขึ้นใหม่มากมาย ในจำนวนโรคเหล่านี้มีหลายชนิดที่อาจไม่ทราบสาเหตุแน่ชัดในปัจจุบัน หรือเป็นโรคที่เกิดจากปัจจัยหลายปัจจัย ซึ่งโรคเหล่านี้อาจมีความสัมพันธ์กับการสัมผัสสิ่งคุกคาม (Hazard) หรือสารมลพิษ (Pollutants) จากสิ่งแวดล้อมหรือจากการทำงาน การศึกษาหรือการพิจารณาว่า อุบัติการณ์หรือความชุกของโรคต่าง ๆ เหล่านี้ว่าเกิดจากการสัมผัสสิ่งคุมคาม (Hazard) นั้น ๆ จากสิ่งแวดล้อมหรือจากงานหรือไม่

ในบทนี้จะพูดถึงพื้นฐานทางด้านการวิจัยและหลักการทางด้านระบาดวิทยาที่เกี่ยวข้องและสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานทางด้านอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม ในเรื่องของแผนภาพการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างโรคและการสัมผัสสิ่งคุกคมในงานอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม รูปแบบการวิจัยทางด้านระบาดวิทยา และการสุ่มตัวอย่างประชากรและการสุ่มตัวอย่างสิ่งแวดล้อม

ระบาดวิทยาสำหรับงานอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม คือ อะไร?

ดังที่กล่าวในบทเกี่ยวกับระบาดวิทยาพื้นฐาน แล้วว่า ระบาดวิทยา คือ การศึกษารูปแบบการระบาดของโรคนั้นในประชากร ในพื้นที่และเวลาหนึ่ง ซึ่งระบาดวิทยานั้นยังสามารถแบ่งได้เป็นประเภทย่อยๆ ได้อีก เช่น ระบาดวิทยาโรคติดเชื้อ ระบาดวิทยาเกี่ยวกับเภสัชจลศาสตร์ ระบาดวิทยาโรคมะเร็ง เป็นต้น (National Research Council, 1997) ระบาดวิทยาในแขนงที่เกี่ยวกับอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อมก็เป็นส่วนหนึ่งของระบาดวิทยาดังกล่าว

ระบาดวิทยาสำหรับงานอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม ได้มีการนิยามโดยสถาบันวิจัยแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกาว่า เป็นศาสตร์ที่ศึกษาผลกระทบทางสุขภาพของมนุษย์จากสิ่งคุกคามทางกายภาพ ชีวภาพและเคมีจากการทำงานและสิ่งแวดล้อมภายนอก (National Research Council, 1991) ดังนั้น ระบาดวิทยาที่เกี่ยวข้องกับงานทางด้านอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม จึงเป็นการประยุกต์ใช้หลักการทางระบาดวิทยาพื้นฐาน เพื่อศึกษารูปแบบ การกระจายของสิ่งคุกคามจากการทำงานและสิ่งแวดล้อม และการประเมินความเป็นไปได้และขนาดของผลกระทบทางสุขภาพจากสิ่งคุกคามนั้น ๆ

รูปแบบการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม

การรู้จักรูปแบบการศึกษาวิจัย มีความสำคัญในการตอบคำถามและข้อสงสัยของประชากรเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างยิ่ง เนื่องจากการทราบรูปแบบจะทำให้เราสามารถออกแบบการเก็บข้อมูลและการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม ต่อการตอบคำถามดังกล่าวได้

ดังที่กล่าวในบทของระบาดวิทยาพื้นฐาน รูปแบบการศึกษาวิจัยนั้น สามารถแบ่งได้หลัก ๆ เป็นสองประเภท คือ

1) การศึกษาวิจัยเชิงสังเกต (Observational Study) คือ การศึกษาวิจัยซึ่งการสัมผัสเหตุก่อโรค (exposure) เป็นไปโดยธรรมชาติ ไม่ได้เกิดจากการกำหนดของผู้ทดลอง

2) การศึกษาวิจัยแบบทดลอง (Experimental Study) คือ การศึกษาวิจัยซึ่งผู้วิจัยหรือผู้ทดลองเป็นคนกำหนดการสัมผัสเหตุก่อโรค (exposure) เช่น การทดลองยาหรือวัคซีน ซึ่งผู้วิจัยกำหนดว่า อาสาสมัครวิจัยคนใดจะได้รับยา หรือได้รับยาหลอก (Placebo) หรือไม่ได้รับยา เป็นต้น

การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวกับงานอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม ส่วนใหญ่มักจะเป็นการศึกษาวิจัยเชิงสังเกต (Observational Study) เป็นหลัก เนื่องจากหลายข้อจำกัด ได้แก่

- ในมุมของจริยธรรมในมนุษย์แล้วนั้น ผู้ศึกษาไม่สามารถกำหนดให้อาสาสมัครรับสัมผัสสิ่งคุกคามที่มีผลเสียต่อสุขภาพได้ เช่น ไม่สามารถกำหนดให้อาสาสมัครสูบบุหรี่ ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งได้ หรือ ไม่สามารถให้อาสาสมัครลองดื่มสารกำจัดศัตรูพืชพาราควอต เพื่อดูผลกระทบสุขภาพได้ เป็นต้น
- ผลกระทบจากสิ่งคุกคามในงานอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อมมักมีความเสี่ยงในการทำให้เกิดโรคในระดับน้อย แต่มีผลกระทบกับประชากรจำนวนมาก การติดตามประชากรจำนวนมากและสิ่งคุกคามจำนวนมากในรูปแบบการทดลอง ซึ่งต้องมีการควบคุมการสัมผัสทำได้ยากและใช้งบประมาณมาก

ดังนั้นรูปแบบการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อมจึงมักเป็นรูปแบบการสังเกต (Observational Study) ซึ่งมีรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ การศึกษาเชิงพรรณนา (Descriptive Study) และการศึกษาเชิงวิเคราะห์ (Analytical Study) ซึ่งในหลายครั้งการศึกษาทางอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันมักไม่สามารถแยกทั้งสองประเภทได้จากกันแน่ชัด เนื่องจากมักมีองค์ประกอบของการวิจัยทั้งสองรูปแบบ

การศึกษาเชิงพรรณนา (Descriptive Study)

การศึกษาเชิงพรรณนา (Descriptive Study) โดยทั่วไปแล้วเหมาะสำหรับการสร้างสมมุติฐาน ในประเด็นที่ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด ได้แก่ case reports, surveillance systems, ecological studies และ Cluster studies

1) Case reports

เป็นรูปแบบการศึกษาเชิงพรรณนาสำหรับผู้ป่วยเป็นรายคนหรือรายกลุ่มประชากรขนาดเล็ก ซึ่งมักจะเน้นการบรรยายการสัมผัสโดยใช้ข้อมูลจากการซักประวัติหรือสอบสวนโรคโดยละเอียด หรือการแพทย์ที่ตรวจร่างกายหรือซักประวัติทางการแพทย์โดยละเอียด เน้นการบรรยายให้เห็นภาพของผู้ป่วยเป็นรายคน เน้นรายละเอียดของบุคคล เช่น เป็นโรคอย่างไร มีอาการอย่างไร ได้รับการสัมผัสอย่างไร

ข้อดี คือ ใช้งบประมาณและกำลังคนในการศึกษาน้อย มักใช้เป็นการศึกษาแรกเพื่อประเมินสถานการณ์ว่าควรมีการศึกษาเพิ่มเติม หรือสอบสวนโรคเพิ่มเติมในวงกว้างหรือไม่

ข้อเสีย คือ เนื่องจากมักไม่มีกลุ่มเทียบที่ไม่ได้สัมผัสสิ่งคุกคามนั้น หรือไม่มีข้อมูลของผู้ที่ไม่เป็นโรคเปรียบเทียบชัดเจนให้เห็นความต่างระหว่างกลุ่มที่เป็นโรคและไม่เป็นโรค ทำให้อาจไม่สามารถฟังธงได้ชัดเจนว่าสิ่งคุกคามนั้น ๆ ทำให้เกิดโรคจริงหรือไม่ แต่ทำให้เกิดข้อสงสัยว่าโรคอาจเกิดจากสิ่งคุกคามนั้น ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการสอบสวนโรคอย่างยิ่ง

ถึงแม้จะมีข้อเสียต่างๆ เหล่านี้ ประวัติศาสตร์ที่ผ่านมานั้น การค้นพบสารพิษหรือภัยของสารเคมีชนิดต่าง ๆ ต่อมนุษย์ในปัจจุบัน ล้วนเริ่มได้รับความสนใจมาจากการศึกษาในรูปแบบของ case reports ตัวอย่าง เช่น methyl mercury, asbestos และ radon ซึ่งรายงานโดยบุคลากรทางการแพทย์ นอกจากนี้หน่วยงานและเจ้าหน้าที่ทางสาธารณสุขมักจะทบทวนและตรวจสอบรายงานต่าง ๆ เหล่านี้ เพื่อพิจารณาว่ามีการเกิดโรคเป็นกลุ่มก้อนผิดปกติ ในพื้นที่และ ณ เวลานั้นหรือไม่

ลักษณะการใช้ประโยชน์ของรูปแบบงานวิจัย

- เป็นโรคที่พบไม่บ่อยและเกิดขึ้นได้ยาก เช่น มะเร็งชนิดต่าง ๆ และโรคหายาก อื่น ๆ เช่น guillain barre syndrome ซึ่งเป็นโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง โดยมักไม่ทราบสาเหตุแน่ชัด เป็นต้น
- เป็นการสัมผัสที่พบได้ไม่บ่อย แต่มักมีผลกระทบรุนแรง เช่น การสัมผัสแร่กัมมันตภาพรังสี เป็นต้น

2) ระบบเฝ้าระวัง (Surveillance Systems)

ระบบเฝ้าระวัง เป็นรูปแบบการติดตามข้อมูลของประชากรกลุ่มที่กำหนด โดยกำหนดระยะเวลาและความถี่ในการติดตามอย่างสม่ำเสมอ เช่น การติดตามประชากรกลุ่มเสี่ยงที่มาจากต่างประเทศในกรณีของ COVID-19 เป็นต้น มักใช้เพื่อการประกอบการตั้งสมมุติฐานหรือข้อสังเกตระหว่างโรคกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม

ลักษณะของรูปแบบการศึกษานี้ ประกอบด้วย (Centers for Disease Control (CDC), 1988)

1. จุดประสงค์ของการเฝ้าระวังนั้น ๆ เช่น ต้องการเฝ้าระวังโรคติดต่อ COVID-19 หรือการเฝ้าระวังการเกิดโรคมะเร็งในเขตเศรษฐกิจพิเศษ
2. นิยามและเกณฑ์การเลือกประชากรเฝ้าระวัง ซึ่งมักจะยึดตามประชากรกลุ่มเสี่ยง เช่น มีการสัมผัสผู้เป็นโรค เป็นผู้ที่อยู่ในเขตมลพิษอากาศสูง หรืออยู่ในเขตใกล้อุตสาหกรรมภายใน 5 กิโลเมตร เป็นต้น
3. ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล เช่น ทุก 3 เดือน ในเดือนมกราคม เมษายน กรกฎาคม ของทุกปี
4. ข้อมูล ตัวแปรอะไรบ้างที่ต้องติดตามและมีการเก็บบันทึก โดยทั่วไป ระบบเฝ้าระวังจะมีการกำหนดแบบฟอร์มการเก็บข้อมูล นิยามตัวแปรอย่างแน่นอน และชัดเจนด้วยการประชุมหารือของผู้เชี่ยวชาญสาขาต่าง ๆ และหากมีการแก้ไขแบบฟอร์มต้องมีการวางแผนจัดการข้อมูลที่เก็บไว้ก่อนหน้านี้ และการบันทึกการเปลี่ยนแปลง
5. ผู้ใดเป็นเจ้าของข้อมูลระบบเฝ้าระวังและเป็นผู้จัดการข้อมูล
6. จะส่งต่อข้อมูลการเฝ้าระวังในรูปแบบใด เช่น cloud API หรือระบบอื่น ๆ
7. ข้อมูลจากระบบเฝ้าระวังจะมีการจัดเก็บอย่างไรในรูปแบบใด ที่ใด เช่น excel หรือ ระบบอื่น ๆ
8. มีการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างไร โดยระบุชัดเจนทั้งวิธีการจัดการและมีความถี่เพียงใด
9. ผู้ใดเป็นผู้วิเคราะห์ข้อมูล
10. รายงานวิเคราะห์ข้อมูล ต้องรายงานใครและผ่านทางช่องทางใด

ข้อดี คือ รูปแบบการวิจัยประเภทนี้ทำให้สามารถติดตามการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุบัติการณ์โรคหรือการเสียชีวิตจากโรคได้ ทำให้ทราบสถานการณ์โรคที่เฝ้าระวังได้เมื่อมีการเพิ่มขึ้นผิดปกติ ซึ่งอาจจำเป็นต้องมีการจัดการอย่างเป็นระบบ

ข้อเสีย คือ ข้อจำกัดของการศึกษาวิจัยรูปแบบนี้ คือ โรคที่ใช้เวลาในการเกิดนานหลังจากการสัมผัสจำเป็นต้องเฝ้าระวังบุคคลจำนวนมากเป็นเวลานาน ทำให้อาจเสียค่าใช้จ่าย แต่ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น Big Data Analysis ต่าง ๆ มาใช้ ทำให้เกิดโปรแกรมเฝ้าระวังรูปแบบใหม่ ๆ และทำให้ข้อจำกัดเหล่านี้ลดลงไปได้

ลักษณะการใช้ประโยชน์ของรูปแบบงานวิจัย

ในต่างประเทศมีการนำงานวิจัยรูปแบบนี้มาใช้ประโยชน์มากมาย ในการเฝ้าระวัง (Centers for Disease Control (CDC), 2020) ได้แก่

- **National Cancer Institute's Surveillance, Epidemiology, and End Results (SEER)** ของประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นระบบติดตามอุบัติการณ์การเกิดโรคมะเร็งในประเทศอเมริกา ตัวอย่างผลงาน เช่น ทำให้ทราบว่ามีการลดลงของอัตราการเกิดโรคเมื่อมีการควบคุมอายุ (age-adjusted rates) ของโรคมะเร็งกระเพาะอาหารเมื่อเวลาผ่านไปในประเทศสหรัฐอเมริกาทำให้เกิดข้อสันนิษฐานว่าอาจจะสัมพันธ์กับอาหารที่เปลี่ยนแปลงไป และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้สารถนอมอาหารและการเก็บอาหารไว้ในตู้เย็น เป็นต้น (Howson et al., 1986) เช่นเดียวกันกับการค้นพบว่าหลังจากมีการลดการใช้ฮอร์โมน estrogen ทดแทนสำหรับผู้หญิงวัยทองโรคมะเร็งโพรงมดลูก (Endometrial Cancer) ในผู้หญิงวัยมากกว่า 65 ปีก็มีจำนวนลดลงตามไปด้วย ซึ่งช่วยสนับสนุนผลจากงานวิจัย ประเภท case control ก่อนหน้าที่ได้ผลการทดลองคล้ายกันคือ การใช้ฮอร์โมน estrogen สำหรับวัยทองเพิ่มความเสี่ยงการเกิดมะเร็งโพรงมดลูก (National Cancer Institute (U.S.), 1984)
- **National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES)** เป็นระบบเฝ้าระวังสุขภาพและภาวะโภชนาการของประเทศสหรัฐอเมริกา แบ่งเป็นประชากรเด็กและผู้ใหญ่ โดยมีการซักประวัติ สัมภาษณ์ประวัติสิ่งคุกคามทางสิ่งแวดล้อมและอาชีพ และมีการตรวจทางห้องปฏิบัติการ ตรวจเลือดและปัสสาวะ โดยจะมีการสุ่มตรวจประชากรในแต่ละรัฐ ทุกรัฐของอเมริกา ทุก ๆ 3 ปี ตัวอย่างผลงาน เช่น การพบว่า ระดับตะกั่วในเลือดเด็กลดลงหลังจากมีการห้ามใช้สารตะกั่วในน้ำมัน เป็นต้น (Annest et al., 1983).

และยังมีตัวอย่างรูปแบบการเฝ้าระวังอื่น ๆ ได้แก่ Behavioral Risk Factor Surveillance System (BRFSS), Chronic Kidney Disease Surveillance System, Health-Related Quality of Life (HRQOL), National Assisted Reproductive Technology Surveillance System (NASS), National Adult Tobacco Survey (NATS), National Health Interview Survey (NHIS), U.S. Cancer Statistics (USCS) The Official Federal Cancer Statistics, National Youth Tobacco Survey (NYTS) และ Pregnancy Mortality Surveillance System (PMSS) ซึ่งผู้อ่านสามารถศึกษาได้จาก Website: https://www.cdc.gov/chronicdisease/data/surveillance.htm

สำหรับประเทศไทย ระบบการเฝ้าระวังที่น่าสนใจ ได้แก่ ทะเบียนมะเร็ง ระบบรายงานวัณโรค (National Tuberculosis Information Program (NTIP)) และระบบเฝ้าระวังโรคไข้เลือดออก (รายงาน 506) เป็นต้น

การใช้และแปลผลข้อมูลจากระบบเฝ้าระวังก็เป็นทักษะสำคัญอย่างหนึ่งที่จำเป็นสำหรับบุคลากรทางด้านสาธารณสุข

3) การศึกษาเชิงนิเวศ (Ecological Studies)

เป็นรูปแบบการศึกษาในระดับกลุ่มประชากรไม่ใช่รายบุคคลมักจะนับเป็นกลุ่มก้อน เช่น การศึกษาโดยการเชื่อมโยง ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยที่มารักษาโรงพยาบาลกับมลพิษที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ที่กำหนด ระยะทางจากแหล่งทิ้งขยะ หรือระดับมลพิษอากาศจากสถานีวัดคุณภาพอากาศ เป็นต้น

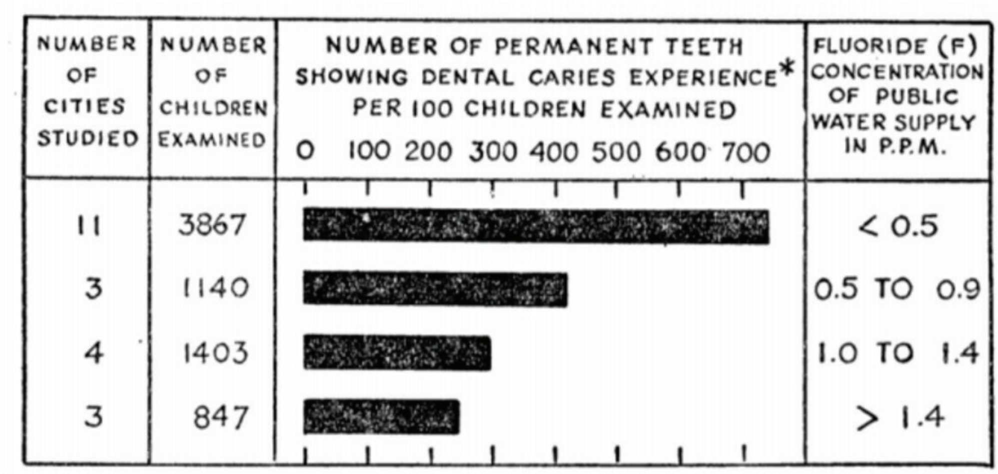
ข้อดี คือ ทำได้ง่ายและรวดเร็ว เนื่องจากบางครั้งมีข้อมูลจากการบันทึกต่างๆ อยู่แล้ว

ข้อเสีย คือ เนื่องจากเป็นการศึกษาระดับประชากรโดยการถือว่าประชากรทุกคนในกลุ่มนั้นมีระดับการสัมผัสสิ่งคุกคามในระดับเดียวกัน ทำให้ไม่สามารถสรุปความเสี่ยงของการเกิดโรคของประชากรในระดับบุคคลได้ และไม่สามารถควบคุมปัจจัยกวนและความแตกต่างของคนแต่ละคนได้ ผลจากงานวิจัยประเภทนี้ไม่สามารถนำไปทำนายความเสี่ยงว่าประชากรคนได้จะเกิดโรคได้ (Ecological Fallacy)

แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีการพัฒนาศาสตร์ของการวิเคราะห์ที่เรียกว่า Spatio-temporal และ Spatial Analysis ซึ่งอาจช่วยลดจุดอ่อนของรูปแบบงานวิจัยชนิดนี้ได้โดยการใช้ข้อมูลและการวิเคราะห์แผนที่ดาวเทียม (Geographical Information System: GIS) มาร่วมด้วย

ตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของรูปแบบงานวิจัย

- การค้นพบว่าฟลูออไรด์สามารถป้องกันฝันผุได้โดยการศึกษาระหว่าง ระดับ fluoride ในน้ำธรรมชาติและจำนวนเด็กที่มีฝันผุในแต่ละเมืองของ Dean และคณะ โดย Dean พบว่าที่ระดับ ฟลูออไรด์ < 0.5 Part per million (PPM) เด็กมีจำนวนฝันผุเฉลี่ย 700 ซี่ต่อประชากรเด็ก 100 คน และจำนวนฝันผุลดลงเรื่อยๆ เมื่อระดับฟลูออไรด์สูงขึ้น เด็กมีจำนวนฝันที่ผุลดลงเรื่อยๆ จนเหลือ 250 ซี่ต่อประชากรเด็ก 100 คน เมื่อระดับฟลูออไรด์ > 1.4 PPM ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 จำนวนเด็กที่มีฝันแท้ (Permanent Teeth) ผุต่อเด็กจำนวน 100 คน
และระดับความเข้มข้นของฟลูออไรด์หน่วยเป็น ppm ในน้ำประปาของเมือง

การวิเคราะห์เชิงพื้นที่และเวลา (Spatio-Temporal Analysis)

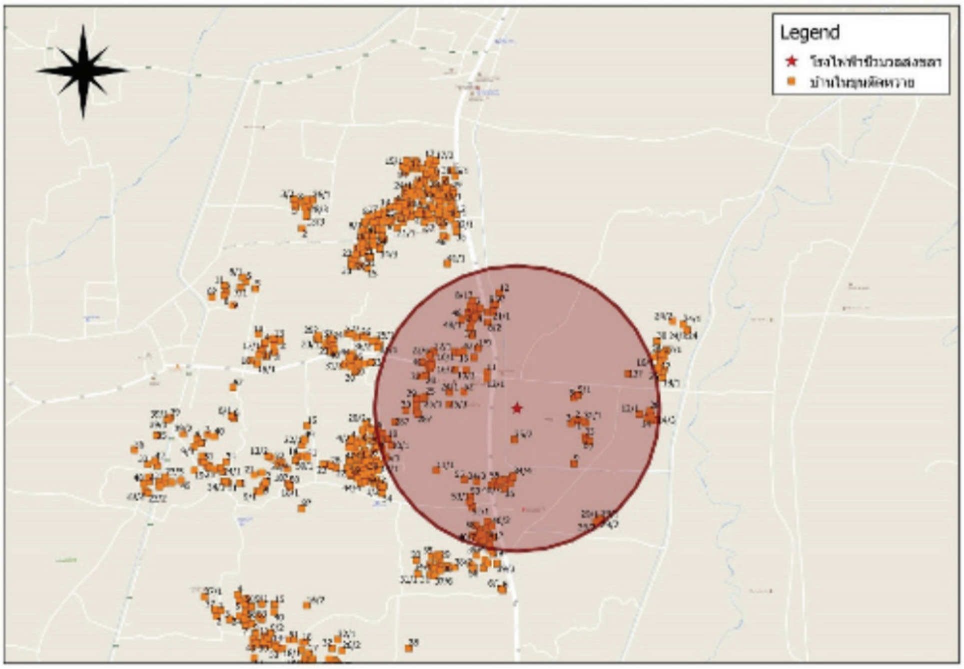
คำว่า Spatio-Temporal Analysis ประกอบด้วยคำสองคำ คือ 1) Spatial แปลว่าพื้นที่ และ 2) Temporal แปลว่า เวลา รวมกันแล้วจึงเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อมีการเก็บข้อมูลโดยมีความแตกต่างทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา (An & Crook, 2017) ยกตัวอย่าง เช่น การเก็บข้อมูลคุณภาพอากาศใน 12 ตำบลของจังหวัดระยอง โดยเก็บข้อมูล ค่าคุณภาพอากาศรายวัน ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2560 ถึงปีพ.ศ. 2563 เป็นต้น

ในปัจจุบันเป็นศาสตร์การวิเคราะห์ข้อมูลที่เริ่มมีการพัฒนามาขึ้น อันเนื่องมาจากการพัฒนาคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูง ได้แก่ graphic processing units (GPUs) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ ปัจจุบันมีการใช้เทคนิคนี้ในการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นวงกว้าง ได้แก่ ทางชีววิทยา นิเวศวิทยา และดาราศาสตร์ รวมทั้งงานด้านอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม (An & Crook, 2017)

การใช้ประโยชน์ในด้านของอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม เช่น การวิเคราะห์ รูปแบบการกระจายของโรคซิลิโคซิส ในพื้นที่เหมืองตามพื้นที่และเวลา เป็นต้น

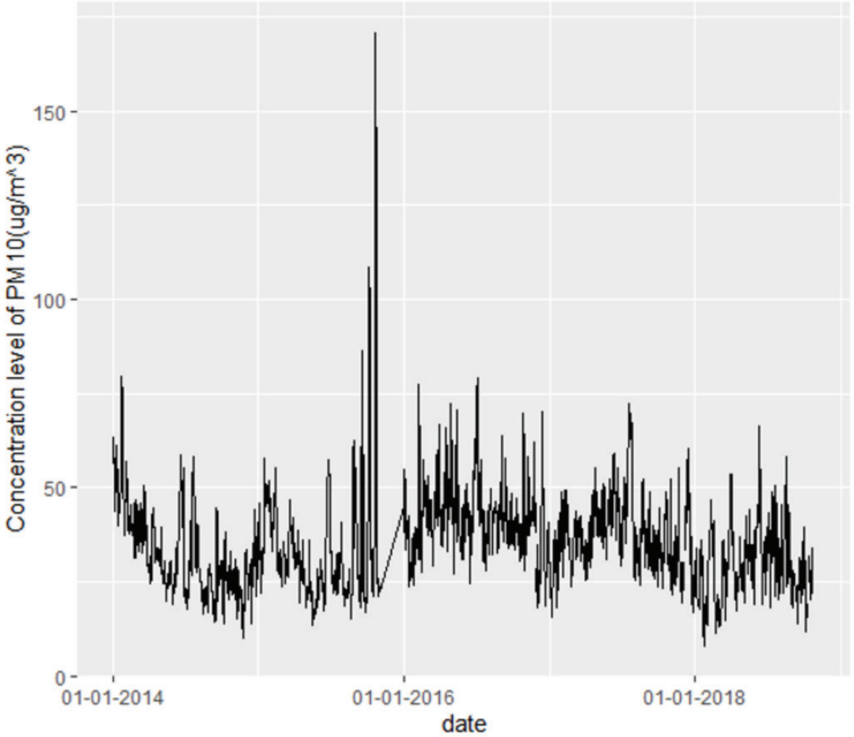
การวิเคราะห์เชิงพื้นที่และเวลาประกอบด้วยข้อมูลสองรูปแบบ คือ

(1) Spatial Data คือ ข้อมูลเชิงพื้นที่ เช่น การกระจายตัวของโรคตามพื้นที่ต่าง หรือ บ้านจากโรงงาน ตัวอย่างดังภาพที่ 2.2 เป็นการกระจายตัวของที่อยู่อาศัยของชาวบ้านในพื้นที่โรงงาน และรัศมี 2 กิโลเมตรรอบโรงไฟฟ้าชีวมวลสงขลา



ภาพที่ 2.2 ปล่องโรงไฟฟ้าชีวมวลและบ้านของตำบลขุนตัดหวาย
ที่อยู่ในรัศมีไม่เกิน 2 กิโลเมตรจากปากปล่อง

(2) Temporal Data หรือ ข้อมูลเชิงเวลา คือ ข้อมูลที่มีการบันทึกต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาที่กำหนด ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก ขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) รายวันตั้งแต่ปีพ.ศ. 2558 -2562 ของอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา แสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ค่าความเข้มข้นรายวันของฝุ่นละอองชนิดของฝุ่นละอองขนาดเล็ก ขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10})
อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษในปีพ.ศ. 2558 – 2562

4) การศึกษาเพื่อบ่งชี้เชิงกลุ่ม (Cluster Studies)

เป็นการศึกษาเชิงพรรณนารูปแบบหนึ่ง คำว่า Cluster หมายถึง การเป็นกลุ่มก้อนผิดปกติ ซึ่งอาจหมายถึงการที่จำนวนของผู้เป็นโรคมากผิดปกติ หรือการพบการเกิดโรคเพิ่มขึ้นถี่ผิดปกติ โดยทั่วไปแล้วการพิสูจน์ว่า สิ่งที่พบเป็นกลุ่มก้อนของโรคจริงหรือไม่นั้นจะใช้วิธีเทียบกับประชากรกลุ่มเปรียบเทียบที่ถือว่าเป็นกลุ่มปกติ

ข้อดี คือ การศึกษาสามารถทำได้รวดเร็ว และอาจเป็นสมมุติฐานเพื่อกระตุ้นให้มีการสอบสวนโรคอย่างละเอียดต่อไป

ข้อเสีย คือ ไม่ได้มีการสุ่มประชากรโดยใช้ความน่าจะเป็น ซึ่งอาจทำให้เกิดความลำเอียงในการเลือกกลุ่มประชากร (Selection Bias) ซึ่งจะพูดถึงรายละเอียดในบทถัด ๆ ไป ทำให้ประชากรที่ได้อาจเป็นกลุ่มที่ไม่เหมาะสมที่จะนำมาเปรียบเทียบกัน เช่น กลุ่มโรคอาจจะเกิดในผู้สูงอายุ แต่กลุ่มเปรียบเทียบเป็นเด็กซึ่งเกิดโรคได้น้อยกว่า เป็นต้น

ตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของรูปแบบงานวิจัย

ตัวอย่างเช่น กรณีการเกิดผื่นผิวหนังจากพยาธิหอยคันที่อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา ทีมตระหนักรู้สถานการณ์ (SAT) สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 12 จังหวัดสงขลา ได้รับแจ้งจากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสงขลา ในวันที่ 21 ตุลาคม 2563 ว่า พบผู้ป่วยโรคผื่นคันที่ผิวหนังไม่ทราบสาเหตุ 233 ราย ในอำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา เบื้องต้น ได้นำการวิเคราะห์แบบ Cluster Studies มาใช้โดยดูการกระจายของโรค พบว่าในปีก่อนหน้า คือ 2562 และ 2561 มีจำนวนผู้ป่วยผิวหนังในช่วงเดือนตุลาคม เป็นจำนวนประมาณ 10-18 ราย ดังนั้นหากดูตามจำนวนแล้วจึงถือว่า กลุ่มนี้เป็น Cluster ของโรคซึ่งจำเป็นต้องได้รับการสอบสวนต่อไป สิ่งแรกที่ทางคณะสำรวจทำ คือ การวิเคราะห์ spatial data เพื่อหาตำบลที่มีจำนวนผู้ป่วยมากที่สุดเพื่อเริ่มการสอบสวนโรค คือ ตำบลคู ดังแผนที่แสดงจำนวนผู้ป่วย ภาพที่ 2.4

ภาพที่ 2.4 แผนที่การกระจายของผู้ป่วยโรคผื่นคันที่ผิวหนัง อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา

และหลังจากนั้นจึงมีการตรวจหาผื่นของผู้ป่วยโดยใช้วิธีการศึกษาแบบ Case Report คือ การตรวจผู้ป่วยรายคนและซักประวัติการสัมผัสและลักษณะผื่น ดังภาพที่ 2.5 และมีการเก็บตัวอย่างหอยเลขหนึ่งส่งตรวจพบตัวอ่อนของพยาธิใบไม้ในระยะที่เรียกว่า Cercaria ในกรณีนี้จึงสรุปว่า ผื่นผิวหนังเกิดจากการระบาดของพยาธิ และชื่อโรคนี้คือ Cercarial Dermatitis ซึ่งมีหอยที่เป็นทรงเลขหนึ่งขนาดเล็กหรือที่ชาวบ้าน เรียกว่า “หอยคัน” เป็นพาหะ

ภาพที่ 2.5 ผื่นผิวหนังจากหอยคันและภาพตัวอ่อนพยาธิใบไม้ระยะ Cercaria ในหอยคัน

การศึกษาเชิงวิเคราะห์ (Analytical Studies)

การศึกษาเชิงวิเคราะห์ (Analytical Studies) เหมาะสำหรับการพิสูจน์สมมุติฐาน ได้แก่ case-control, nested case control และ cohort study โดยผลจากการศึกษาประเภทนี้จะมีความน่าเชื่อถือในการทดสอบสมมุติฐานหรือตอบคำถามที่สนใจมากกว่าการศึกษาเชิงพรรณนา (Descriptive Study) เช่นเดียวกับที่กล่าวในบทของระบาดวิทยาพื้นฐาน ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงการประยุกต์ใช้ รูปแบบการศึกษาเหล่านี้กับงานด้านอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม เปรียบเทียบกับการศึกษาเชิงพรรณนา (Descriptive Study) แล้ว การศึกษาเชิงวิเคราะห์นั้นใช้ข้อมูลรายบุคคลของประชากรมากว่า เพื่อควบคุมปัจจัยกวน (Confounders) ต่าง ๆ ซึ่งโดยทั่วไปการศึกษาลักษณะนี้มักใช้งบประมาณและกำลังคนมากกว่าการศึกษาเชิงพรรณนา (Descriptive Study) โดยการศึกษาจะอาศัยข้อมูลจากบันทึกทางการแพทย์ การตรวจทางคลินิก ข้อมูลทางห้องปฏิบัติการ การสัมภาษณ์ และ/หรือข้อมูลจากสถานีวัดอากาศต่าง ๆ ซึ่งการวิเคราะห์จะนำข้อมูลเหล่านี้เพื่อการพิสูจน์หรือคัดค้านสมมุติฐานนำมาสู่การสรุปข้อเท็จจริงและสาเหตุการเกิดโรคต่อไป

1) Case-Control Studies

ทบทวนอีกครั้ง คือ การศึกษาที่มีการนำผู้ที่เป็นโรคมาเทียบกับผู้ที่ไม่ได้เป็นโรคที่เราสนใจ เพื่อหาว่ามีปัจจัยใดที่แตกต่างกัน ปัจจัยที่แตกต่างกันนั้นอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรค

ในทางอนามัยสิ่งแวดล้อมและอาชีวอนามัย ในปัจจุบันเริ่มมีการนำมาใช้มากขึ้น เนื่องจากมีการเก็บตัวอย่างทางชีวภาพ เช่น เลือด หรือปัสสาวะแช่แข็งไว้มากขึ้น เมื่อมีผู้ป่วยที่มีโรคมะเร็งหรือโรคที่เราสนใจ ก็จะสามารถส่งตรวจซ้ำเพื่อดูค่าดัชนีชีวภาพ (Biomarkers) ที่น่าสนใจได้มากขึ้น

ตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของรูปแบบงานวิจัย

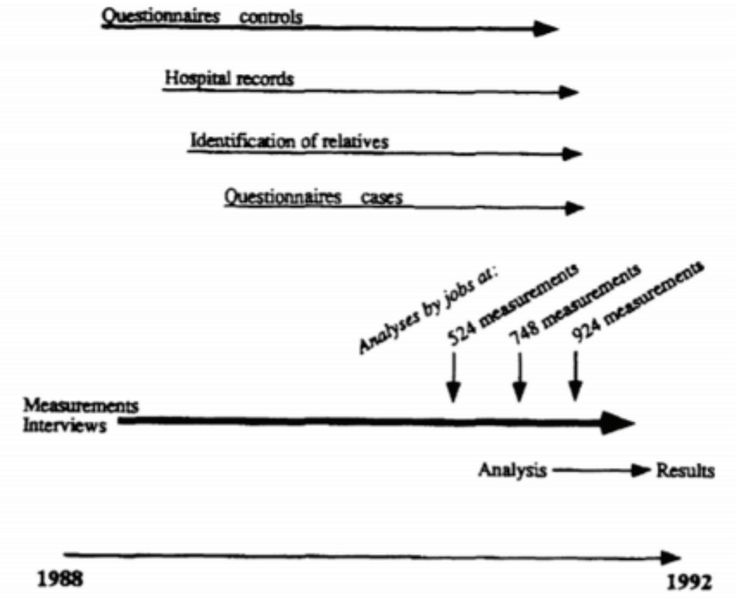
ตัวอย่าง เช่น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (EMF) กับโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาวและมะเร็งสมองในประเทศสวีเดนของ Floderus และคณะ (Floderus et al., 1993)

Case การศึกษานี้ กลุ่มผู้ป่วยที่สนใจ คือ กลุ่มผู้ป่วยมะเร็งเม็ดเลือดขาวและมะเร็งสมอง ซึ่งได้ข้อมูลมาจากการทะเบียนมะเร็งของประเทศสวีเดน โดยระบุโรคจากรหัสโรค ICD-7 ในปีค.ศ. 1983-1987 รหัสโรคที่ใช้คือ สำหรับมะเร็งเม็ดเลือดขาว ICD-7 20 code 204- 205, myeloid leukemia, acute or chronic, and acute lymphoblastic or chronic lymphocytic leukemia และมะเร็งสมอง คือ ICD-7 code 193 and astrocytoma only โดยเจอ case ทั้งหมด 850 case

Control การศึกษานี้ กลุ่มใช้เป็นกลุ่มควบคุม คือ ข้อมูลประชากรจากทะเบียนราษฎร์ของสวีเดน ซึ่งมีอายุและเพศใกล้เคียงกับ case โดยการจับคู่แบบ 2 control: 1 case

Exposure การประเมินการสัมผัสคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากงาน ใช้วิธีการถามโดยใช้แบบสอบถาม โดยถามย้อนกลับไปถึงปีและระยะเวลาทำงาน โดยยึดงานที่ทำเป็นเวลาต่อเนื่องนานที่สุดและคำนวณขนาดการสัมผัสคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากงานที่ทำและระยะเวลาปีที่ทำงานนั้น ๆ โดยหากผู้ป่วยเสียชีวิตแล้วจะใช้การโทรศัพท์ซักถามญาติแทน ใช้เวลาการสำรวจข้อมูล 4 ปี

โดยสรุปแผนการเก็บข้อมูลและการสัมภาษณ์ได้ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 ภาพจากเก็บข้อมูล Case Control เกี่ยวกับการสัมผัสคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดย (Floderus et al., 1993)

ข้อสรุป จากงานวิจัยนี้ทำให้เกิดความตื่นตัวว่าการสัมผัสคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากการทำงานเป็นปัจจัยเสี่ยงหนึ่งของการเกิดโรคมะเร็งบางชนิด เช่น มะเร็งเม็ดเลือดขาวและมะเร็งสมอง

2) Nested Case-control Studies

การศึกษานี้เป็นรูปแบบคล้ายกับการศึกษาแบบแรกเพียงแต่ว่า กลุ่มประชากร case และ Control จะได้มาจากอาสาสมัครที่ของการศึกษาที่เคยทำมาก่อน เช่น Cohort Study ก่อนหน้า โดยจุดประสงค์ เพื่อหาสาเหตุของโรคหรือเหตุการณ์ที่น่าสนใจเพิ่มเติมจากการศึกษา ก่อนหน้า ซึ่งมีข้อดีกว่าการศึกษา case control โดยทั่วไปตรงที่ว่า ข้อมูลและตัวแปรอาจมีความครบถ้วนสมบูรณ์กว่า และเป็นการประหยัดงบประมาณและแรงงานในการที่จะเก็บข้อมูลเป็นแบบ Cohort Study ซ้ำ จะไม่ขออธิบายและยกตัวอย่างโดยละเอียด

3) Cohort Studies

เป็นการศึกษาประชากรในกลุ่มประชากรที่เราสนใจหรือเรียกว่า cohort จุดประสงค์หลัก ๆ คือ การดูความสัมพันธ์ระหว่าง exposure 1 ชนิด กับการเกิดเหตุการณ์ที่เราสนใจหลายเหตุการณ์ หรือผลกระทบสุขภาพมากกว่า 1 ผลกระทบ

ทบทวนอีกครั้ง หลักๆ มีสองประเภท คือ

- Retrospective Study คือ การเก็บข้อมูลในขณะที่โรคหรือผลกระทบเกิดแล้ว แล้วดูย้อนไปว่า exposure หรือประวัติการสัมผัสเป็นอย่างไร
- Prospective Study คือ โรคหรือผลกระทบสุขภาพยังไม่เกิด และเก็บข้อมูลเพื่อการเฝ้าระวังไปข้างหน้า

ตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของรูปแบบงานวิจัย

สำหรับงานของอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อมนั้น เมื่อเราทำ cohort study มักจะเป็นโจทย์หรือคำถามเกี่ยวกับ ระยะเวลาและความถี่ของการสัมผัสกับการเกิดผลกระทบทางสุขภาพที่เราสนใจ โดยหลักๆ แบ่งเป็น 3 รูปแบบตามการใช้ประโยชน์

- การวัดการผลกระทบหลายครั้ง และเชื่อมโยงกับการสัมผัส (Exposure) ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเกี่ยวกับโรคหัวใจ ที่มีการตรวจสุขภาพปีละครั้ง หรือโรคหืดที่มีการตรวจสุขภาพปอดปีละครั้ง หรือผลกระทบคือพัฒนาการเด็กที่มีการติดตามเรื่อย ๆ
- มีการวัดการสัมผัส (Exposure) หลายครั้ง เช่น การเชื่อมโยงข้อมูลมลพิษอากาศกับจำนวนผู้ป่วยโรคหืดที่มาโรงพยาบาลในวันนั้นๆ
- มีการวัดทั้งการสัมผัส (Exposure) และผลกระทบหลายครั้ง เช่น การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของอาการทางเดินหายใจ และการทดสอบสมรรถภาพปอด Peak flow Rate ในแต่ละวันกับความเข้มข้นของมลพิษอากาศรายวัน การศึกษาแนวนี้มักใช้ข้อมูลในลักษณะของอนุกรมเวลา (Time-Series)

ข้อควรระวังเกี่ยวกับการใช้รูปแบบการศึกษาวิจัยประเภทต่าง ๆ ในงานอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม

ความเสี่ยงในการเกิดโรคจากปัจจัย 1 ปัจจัยอาจจะน้อย แต่ทำให้เกิดผู้ป่วยจำนวนมาก

โรคที่เกิดจากการทำงานและสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่ เกิดจากสาเหตุหลายปัจจัย และปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการทำงานหรือสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไปอาจเพิ่มความเสี่ยงการเกิดโรคไม่มาก แต่เนื่องจากมีผู้สัมผัสปริมาณมากจึงสามารถทำให้เกิดผู้ป่วยได้มากมาย ยกตัวอย่าง เช่น สารชนิดหนึ่งทำให้โอกาสการเสียชีวิตผู้ชายอายุ 45-74 เพิ่มขึ้น 1 ใน 10,000 ดูแล้วโอกาสอาจจะน้อย แต่หากมีผู้สัมผัส 10,000,000 คน ก็จะมีผู้เป็นโรคทั้งหมด 1,000 คน ซึ่งถือว่ามีจำนวนมาก

ประเด็นที่สอง เนื่องจากปัจจัยเสี่ยงเหล่านี้อาจมีความเสี่ยงในการทำให้เกิดโรคน้อย จึงจำเป็นต้องมีการติดตามประชากรจำนวนมากและเวลานานพอจึงจะสามารถสังเกตเห็นหรือตรวจผลกระทบทางสุขภาพได้

การติดตามการสัมผัสและผลกระทบอย่างสม่ำเสมอมีความจำเป็นมากขึ้นในปัจจุบัน

ในยุคปัจจุบันที่การจัดการข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) มีความแพร่หลายมากขึ้น การใช้ประโยชน์จากฐานข้อมูลที่มีอยู่เพื่อการติดตามและเฝ้าระวังมีความเร็วและง่ายมากขึ้น และเป็นแนวทางที่จะค้นพบการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมทั้งทั่วไปและในสถานที่ทำงานได้เร็วและง่ายขึ้น ซึ่งข้อมูลจากการติดตามอย่างต่อเนื่องเหล่านี้ ทำให้เกิดการตัดสินใจทางนโยบายที่สำคัญหลายครั้งในช่วงปีที่ผ่าน ๆ มา เช่น การตัดสินใจในการห้ามผสมตะกั่วลงในน้ำมันของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเกิดจากผลจากระบบเฝ้าระวัง National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) ซึ่งพบว่ามีการลดลงของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ ตะกั่วในเลือด 37% ของประชากรทั้งประเทศอเมริกา (Annest et al., 1983) ทำให้เกิดนโยบายการห้ามใช้ตะกั่วในน้ำมันทั้งประเทศต่อมา หรือการที่เริ่มมีการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศก็เกิดจากการที่ค้นพบว่ามีอัตราการตายผิดปกติในเมืองลอนดอน ประเทศอังกฤษ ซึ่งภายหลังพบว่าเกิดจากมลพิษอากาศ เป็นต้น

การวัดปริมาณการสัมผัส (Exposure Assessment) มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

ในอดีตการวัดปริมาณการสัมผัสอาจดูเป็นลักษณะของ Dicothomus คือ สัมผัสไม่สัมผัส หรือเสี่ยงไม่เสี่ยง แต่ในปัจจุบันพบว่า มิติของการสัมผัสนั้นมีความซับซ้อนมาก ยกตัวอย่าง เช่น ค่ามลพิษในอากาศ เป็น 10 PPM จะเข้าสู่ร่างกายเท่าใด ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผล อาจเป็นเรื่องของความชื้นและอุณหภูมิร่วมด้วย ดังนั้น การประเมินการสัมผัสในปัจจุบันจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ร่วมด้วย โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นกว่าเดิม โดยข้อมูลที่ต้องการสำหรับแบบจำลองเหล่านี้ ได้แก่ ผลการตรวจวัดในสิ่งแวดล้อม ค่าดัชนีชีวภาพ ข้อมูลพฤติกรรมของประชากร และค่าผลตรวจสุขภาพประจำปี

ควรคำนึงความสามารถในการพิสูจน์สมมุติฐาน (Power of Study) ตามรูปแบบงานวิจัย

ความสามารถในการพิสูจน์สมมุติฐาน (Power of Study) นั้น โดยความหมายทั่วไป หมายถึง ความสามารถที่การศึกษานั้น ๆ จะสามารถพบความเป็นจริงของการเกิดโรคนั้น ๆ หรือพบว่าปัจจัยเสี่ยงนั้น ๆ ทำให้เกิดโรคจริง ซึ่งขึ้นกับ Odds Ratio ยิ่งขนาดความสัมพันธ์ยิ่งมากและขนาดความเสี่ยงยิ่งสูง ยิ่งมีโอกาสพบความสัมพันธ์หลายปัจจัย ได้แก่

- จำนวนอาสาสมัครหรือประชากร จำนวนอาสาสมัครหรือประชากรยิ่งมากยิ่งมีความสามารถในการพิสูจน์สมมุติฐานได้มาก
- ขนาดความสัมพันธ์หรือความเสี่ยงของปัจจัยนั้นที่จะทำให้เกิดโรค พวกขนาดความสัมพันธ์ ได้แก่ Relative risk และในการศึกษามาก แต่ถ้าความสัมพันธ์น้อยวิธีการหนึ่งในการเพิ่มโอกาสที่จะพบความสัมพันธ์นั้น ๆ ได้มากขึ้น คือ การเพิ่มจำนวนประชากรที่ติดตาม
- สำหรับงานวิจัยประเภท Cohort นั้น หากมีการติดตามประชากรเป็นเวลานานขึ้นก็จะเพิ่มโอกาสเจอความสัมพันธ์ระหว่างโรคและปัจจัยเสี่ยงมากขึ้น

ดังนั้น จึงควรคำนวณจำนวนประชากรศึกษาที่จำเป็นต้องใช้ทุกครั้งก่อนการเริ่มทำการศึกษา เพื่อความแน่นอนที่ว่าการศึกษานั้นจะสามารถตอบคำถามวิจัยได้จริง ๆ การศึกษาในเชิงอนามัยสิ่งแวดล้อมมักมีขนาดความสัมพันธ์ที่ขนาดเล็กและการศึกษาที่ผ่านมามักมีจำนวนประชากรน้อยทำให้อาจไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงและการเกิดผลกระทบทางสุขภาพ ซึ่งหากมีอาการเพิ่มจำนวนประชากรที่ติดตามและระยะเวลาการติดตามประชากรก็อาจจะทำให้พบสาเหตุการเกิดโรคหลายชนิด ซึ่งยังไม่ทราบสาเหตุแน่ชัดในปัจจุบัน

ข้อควรระวังเกี่ยวกับค่า P-value หรือนัยสำคัญทางสถิติ

ค่า P-value นั้นเป็นค่าแทนความไม่แน่นอนทางสถิติ คือ โอกาสการเกิดความผิดพลาดในการยอมรับว่าปัจจัยนั้นทำให้เกิดโรคทั้ง ๆ ที่ไม่ได้เป็นสาเหตุการเกิด หรือ Type I error หรือ False Positive ซึ่งขึ้นกับจำนวนประชากรศึกษาและค่าทางสถิติอื่น ๆ ในขณะที่ค่าความเชื่อมั่น 95% หรือ 95% Confidence Interval นั้นมีการบอกขนาดความสัมพันธ์และมีผลกระทบจากจำนวนประชากรศึกษาน้อยกว่า ดังนั้นระบาดวิทยาในปัจจุบันจึงแนะนำการนำเสนอด้วยค่าความเชื่อมั่น 95% ซึ่งสามารถสนับสนุนว่าปัจจัยใดทำให้เกิดผลกระทบทางสุขภาพได้มั่นใจกว่า

อีกประเด็นที่ควรระวังเกี่ยวกับค่า P-Value คือ เรื่องของการพิสูจน์สมมุติฐานหรือการเปรียบเทียบหลายค่า หรือในภาษาอังกฤษเรียกว่า “multiple comparisons” ในกรณีนี้ P-value ซึ่งมักกำหนดเป็นค่ามาตรฐานที่ 5% หรือบอกว่า 5% เป็นค่าที่ยอมรับได้อาจไม่เหมาะสม เนื่องจากการเปรียบเทียบหลายครั้งหรือการพิสูจน์หลายสมมุติฐาน จะทำให้โอกาสเกิด Error เพิ่มขึ้น จึงไม่ควรใช้ค่า P-value ที่ 0.05 เป็นการบอกนัยสำคัญทางสถิติ จำเป็นต้องกำหนดค่าที่น้อยกว่า 0.05 โดยมีวิธีในการคำนวณทางสถิติได้หลายวิธี ยกตัวอย่าง เช่น วิธีของ Bonferrani (“Etymologia,” 2015) ซึ่งจะไม่ได้กล่าวถึงในหนังสือเล่มนี้ ท่านสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากหนังสือสถิติโดยทั่วไป

เอกสารอ้างอิง

An, L., & Crook, S. (2017). Spatiotemporal Analysis. In International Encyclopedia of Geography (pp. 1–13). American Cancer Society. https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0635

Annest, J. L., Pirkle, J. L., Makuc, D., Neese, J. W., Bayse, D. D., & Kovar, M. G. (1983). Chronological trend in blood lead levels between 1976 and 1980. The New England Journal of Medicine, 308(23), 1373–1377. https://doi.org/10.1056/NEJM198306093082301

Centers for Disease Control (CDC). (1988). Guidelines for Evaluating Surveillance Systems. https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/00001769.htm

Centers for Disease Control (CDC). (2020, October 7). Surveillance Systems | CDC. https://www.cdc.gov/chronicdisease/data/surveillance.htm

Etymologia: Bonferroni Correction. (2015). Emerging Infectious Diseases, 21(2), 289. https://doi.org/10.3201/eid2102.ET2102

Floderus, B., Persson, T., Stenlund, C., Wennberg, A., Ost, A., & Knave, B. (1993). Occupational exposure to electromagnetic fields in relation to leukemia and brain tumors: A case-control study in Sweden. Cancer Causes & Control: CCC, 4(5), 465–476. https://doi.org/10.1007/BF00050866

Howson, C. P., Hiyama, T., & Wynder, E. L. (1986). THE DECLINE IN GASTRIC CANCER: EPIDEMIOLOGY OF AN UNPLANNED TRIUMPH. Epidemiologic Reviews, 8(1), 1–27. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.epirev.a036288

National Cancer Institute (U.S.). (1984). Cancer prevention research summary: Estrogens. U.S. Dept. of Health and Human Services, Public Health Service, National Institutes of Health; /z-wcorg/.

National Research Council. (1991). Environmental Epidemiology, Volume 1: Public Health and Hazardous Wastes. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/1802

National Research Council. (1997). Environmental Epidemiology, Volume 2: Use of the Gray Literature and Other Data in Environmental Epidemiology. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/5804

CO2

บทที่

3

หลักการทางอนามัยสิ่งแวดล้อม

บทที่
3

หลักการทางอนามัยสิ่งแวดล้อม

โดย ดร.นายแพทย์ ธรรมสินธ์ อิงวิยะ

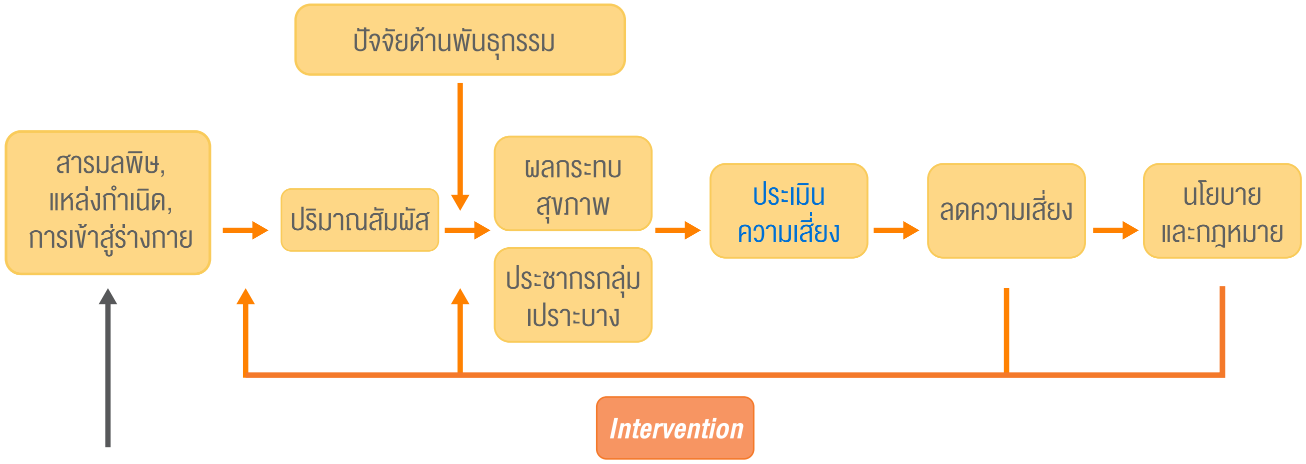
บทนำ

ในการวิเคราะห์หาสาเหตุโรคจากสิ่งแวดล้อมหรือโรคจากสิ่งแวดล้อมนั้น หลักการหรือแนวทางการวิเคราะห์เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยปูทางในการหาสาเหตุตลอดจนนำไปสู่ทางเลือกในการแก้ไขปัญหาในสิ่งแวดล้อมในประเภทต่าง ๆ ได้

หลายครั้งในงานอนามัยสิ่งแวดล้อมนั้น โรคหรือภาวะที่เกิดอาจมีหลายสาเหตุ หรือมีอาการแสดงได้หลายแบบซึ่งทำให้เกิดความลังเลและความไม่แน่นอนในการพิเคราะห์โรคและการระบุสาเหตุการเกิดโรคหรือภาวะผิดปกติเหล่านั้น การอาศัยหลักการทางด้านอาชีวอนามัยอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการเริ่มต้นจากการสอบสวนหาแหล่งกำเนิดและสารพิษที่อาจเกิดจากแหล่งกำเนิดนั้น และค้นคว้าหาความรู้โดยการทบทวนวรรณกรรมเพิ่มเติมเพื่อประมาณว่าสารพิษชนิดนั้นๆ และขนาดปริมาณสารสัมผัสเหล่านั้นสามารถทำให้เกิดโรคหรือภาวะผิดปกติได้หรือไม่ ตลอดจนการประเมินความเสี่ยงเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจทางนโยบายเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหรือภาวะผิดปกตินั้น โดยมาตรการควบคุมบังคับการปล่อยสารพิษจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นต้น

ตัวอย่างของการนำหลักการด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมมาใช้ประโยชน์ อาทิเช่น การกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ซึ่งอาศัยการประมาณผลกระทบทางสุขภาพ เช่น มะเร็งปอดหรืออัตราการเสียชีวิต จากปริมาณสารสัมผัสนั้นๆ จนท้ายสุดได้ค่ามาตรฐานอากาศของ $PM_{2.5}$ ที่ 50 $\mu g/m^3$

หลักการทางอนามัยสิ่งแวดล้อม



"สารมลพิษ" (Agent) เช่น จากอากาศ น้ำ และดิน อาชีพ อุตสาหกรรม ภัยธรรมชาติ ก่อการร้าย เป็นต้น

ภาพที่ 3.1 แผนภาพหลักคิดทางด้านอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม (Occupational and Environmental Paradigm)

หลักการคิดทางด้านอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อมนั้นจะมีความซับซ้อนกว่าหลักการคิดทางระบาดวิทยาทั่ว ๆ ไป คือ มีการเพิ่มรายละเอียดในส่วนของสิ่งแวดล้อม (Environment) และสิ่งคุกคาม (Hazard or Agent) ดังภาพที่ 3.1

หลักคิดในแง่ของอนามัยสิ่งแวดล้อมเริ่มตั้งแต่การสัมผัสสิ่งคุกคามถึงส่วนของนโยบายและกฎหมาย มีรายละเอียดโดยสังเขป ตามลำดับในภาพที่ 3.1 ดังนี้

- **สารมลพิษ (Agent)** หรือ สิ่งคุกคาม (Hazard) หมายถึง ปัจจัยที่อาจทำให้เกิดอันตราย ต่อมนุษย์ สิ่งของและสิ่งแวดล้อมได้ โดยสามารถแบ่งออกได้ 4 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่

สิ่งคุกคามทางเคมี (Chemical Hazard) เช่น สารเคมี การเผาไหม้และขยะมูลฝอย เป็นต้น

สิ่งคุกคามทางกาย (Physical Hazard) เช่น แสง เสียง การสั่นสะเทือน ฝุ่น และมลพิษทางอากาศ เป็นต้น

สิ่งคุกคามทางชีวภาพ (Biological Hazard) เช่น สิ่งมีชีวิต พืช สัตว์ แมลง และแบคทีเรีย เป็นต้น

สิ่งคุกคามทางด้านสังคมและจิตใจ (Psychosocial Hazard) เช่น ที่อยู่อาศัย ฐานะทางเศรษฐกิจ และสภาพจิตใจ เป็นต้น

นอกจากนี้แล้วการพิจารณาสิ่งคุกคาม ยังควรพิจารณาถึง แหล่งกำเนิด เช่น เกิดจากธรรมชาติ หรือเกิดจากมนุษย์ รวมถึง ช่องทางการเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งแบ่งได้เป็น ทางการหายใจเข้า (Inhalation) การกิน (Ingestion) และทางผิวหนัง (Dermal Absorption)

- **ปริมาณสารสัมผัส** หมายถึง ปริมาณของสารที่สัมผัสกับส่วนของร่างกายบริเวณต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นผิวหนัง ทางเดินอาหาร หรือทางการหายใจ ซึ่งกระบวนการประเมินจะต้องคิดถึง เรื่องความเข้มข้น (Intensity) ระยะเวลาและความถี่ในการสัมผัสสาร

- **ผลกระทบสุขภาพ** หมายถึง ผลที่เกิดจากสารมลพิษซึ่งสามารถพิสูจน์ได้หรือวัดได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะกล่าวถึงในบทเรื่องการวัดผลทางสุขภาพ (Outcome Measurement)

- **ประชากรกลุ่มเปราะบาง (Susceptible Population)** ประชาชนทั่วไปที่มีสุขภาพแข็งแรงจะมีความสามารถในการปรับตัวและฟื้นฟูสภาพร่างกายได้ แต่ประชากรกลุ่มเปราะบางเป็นประชากรที่มีปัจจัยบางอย่างซึ่งเพิ่มโอกาสการเกิดผลกระทบทางสุขภาพแม้ได้สัมผัสปริมาณมลพิษอากาศเล็กน้อย ได้แก่ (กรมอนามัย, 2015)

1) กลุ่มเด็กเล็ก ในกลุ่มเด็กเล็กถึงแม้ว่า จะไม่มีปัญหาการเจ็บป่วยหรือโรคเรื้อรังมาก่อนก็ถือว่าเป็นกลุ่มเปราะบางมีความเสี่ยงต่อสารมลพิษมากกว่าในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพร่างกายสมบูรณ์ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้เด็กมีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสมากกว่าผู้ใหญ่ เนื่องจาก

- เด็กส่วนใหญ่มักใช้เวลาทำกิจกรรมอยู่นอกบ้านหรือนอกอาคารมากกว่าผู้ใหญ่ เช่น สนามเด็กเล่น สนามกีฬา ลานกิจกรรม เป็นต้น
- เด็กมักมีกิจกรรมที่เคลื่อนไหวมากกว่าผู้ใหญ่ เช่น การวิ่งเล่น การกระโดด การปีนป่าย เป็นต้น
- เด็กจะมีการหายใจเอาปริมาตรอากาศเข้าสู่ร่างกาย (ปริมาตรอากาศ/น้ำหนักตัว) มากกว่าผู้ใหญ่

2) ผู้สูงอายุ ผลจากการศึกษาในต่างประเทศได้มีการประมาณค่าการตายของกลุ่มผู้สูงอายุที่เกิดจากการรับสัมผัสกับมลพิษทางอากาศหรือฝุ่น มีอัตราประมาณ 10:1,000 ในแต่ละปีโดยในกลุ่มผู้สูงอายุมักจะมีปัญหาเรื่องประสิทธิภาพของปอดและปัญหาโรคหัวใจ ทำให้มีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสกับฝุ่นมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพการทำงานของระบบป้องกันของปอดและตับจะลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น

3) หญิงตั้งครรภ์ ข้อมูลการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพกับการรับสัมผัสกับหมอกควันในกลุ่มหญิงตั้งครรภ์มีน้อยมากหรือไม่มีเลย แต่มีการศึกษาจำนวนมากที่แสดงหลักฐานถึงผลกระทบต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสควันบุหรี่ซ้ำ ทั้งการรับโดยตรงและโดยอ้อมในกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ ซึ่งองค์ประกอบของควันไฟป่ามีหลายชนิดที่คล้ายกับองค์ประกอบของบุหรี่ นอกจากนี้ยังมีข้อมูลอีกหลาย ๆ แหล่งที่แสดงให้เห็นว่าการรับสัมผัสกับมลพิษทางอากาศในเมืองใหญ่ ๆ มีผลต่อน้ำหนักตัวของเด็กทารกและมักมีการคลอดก่อนกำหนด ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้น จำเป็นต้อง พิจารณาให้หญิงตั้งครรภ์เป็นกลุ่มเสี่ยงที่ต้องให้ความสำคัญเช่นกัน

4) ผู้ที่มีโรคประจำตัว กลุ่มผู้ที่มีโรคประจำตัวจะมีความเสี่ยงต่อสารพิษบางชนิดมากกว่าประชากรทั่วไป ที่เกี่ยวข้องกับระบบหัวใจและหลอดเลือด เช่น โรคหัวใจและโรคหลอดเลือดสมองประเภทต่าง ๆ และผู้ที่มีโรคประจำตัวเกี่ยวกับโรคระบบทางเดินหายใจและภูมิแพ้จะเป็นกลุ่มเสี่ยงต่อการได้รับอันตรายจากสัมผัสหมอกควัน ซึ่งควรได้รับการดูแลสุขภาพอย่างใกล้ชิด

- ความเสี่ยง (Risk) หมายถึง โอกาสการเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ (Yassi and Kjellström 1998) โดยทั่วไปในทางอนามัยสิ่งแวดล้อมมักจะหมายรวมถึง โอกาสในการเกิดโรคหรือผลกระทบทางสุขภาพจากการสัมผัสสิ่งคุกคาม (Effect On Health)
- การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) คือ การประเมินสถานการณ์ของการสัมผัสสารมลพิษชนิดนั้น ๆ ว่าถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและจำเป็นต้องมีมาตรการในการลดความเสี่ยงหรือจัดการความเสี่ยง (Risk Management) หรือไม่
- การลดความเสี่ยง (Risk Reduction) คือ มาตรการลดความเสี่ยงโดยอาศัยกลไกทางการศึกษาวิจัย ซึ่งวิธีการลดความเสี่ยงเหล่านี้เมื่อมีการศึกษาว่าได้ผลชัดเจนจะกลายเป็นกลไกทางนโยบายสาธารณะหรือกฎหมายเพื่อลดความเสี่ยงจากการสัมผัสสารมลพิษ เช่น กฎหมายกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ ข้อตกลงประชาคมในการแยกขยะ เป็นต้น
- นโยบาย (Policy) หรือกิจกรรมบรรเทาความเสี่ยง (Intervention) หมายรวมถึง กิจกรรมหรือนโยบายใด ๆ ก็ตามที่บรรเทา แก้ไข และป้องกันความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้จากภัยทางสิ่งแวดล้อม

แหล่งมลพิษและหลักการชี้บ่งแหล่งมลพิษ (Source Identification)

โดยทั่วไปขึ้นกับว่าเป็นมลพิษประเภทใด ซึ่งได้แก่ มลพิษอากาศ มลพิษทางน้ำ มลพิษทางดิน และการปนเปื้อนในอาหาร

1) มลพิษอากาศ

โดยมลพิษอากาศแบ่งได้ 2 ประเภท ตามพื้นที่ คือ

- Outdoor Air Pollution หรือ Ambient Air Pollution หมายถึง มลพิษอากาศที่อยู่ภายในนอกอาคารทำงาน หรืออาคารที่อยู่อาศัย ซึ่งมีการติดตามและมีการวัดปริมาณมลพิษในระดับจังหวัด เขตและประเทศในปัจจุบัน (กรมอนามัย, 2015) ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงมลพิษอากาศภายนอกอาคารเป็นหลัก
- Indoor Air Pollution หมายถึง มลพิษอากาศที่อยู่ภายในอากาศ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการหุงต้มอาหารด้วยเชื้อเพลิง

ภาพที่ 3.2 หมอกควันในเมืองลอนดอนยุคพัฒนาอุตสาหกรรม
(London fog; Link: https://interestingengineering.com/londons-1952-fog-that-killed-12000-people)

แหล่งมลพิษอากาศภายนอกอาคารที่สำคัญ มีดังนี้ (กรมอนามัย, 2015)

1) การเกิดไฟป่า การเกิดไฟป่าถือว่าเป็นสาเหตุที่สำคัญ เนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจำพวกเศษไม้ เศษใบไม้ เศษวัชพืช เป็นต้น ทำให้เกิดเป็นหมอกควันปกคลุมอยู่ในบริเวณที่เกิดไฟป่า และพื้นที่ใกล้เคียง เมื่อมีการพัดพาของกระแสลมจะทำให้หมอกควันกระจายตัวไปยังพื้นที่อื่น

2) การคมนาคมขนส่ง ไอเสียจากรถยนต์ และการที่เครื่องยนต์ดีเซลปล่อยเขม่า ฝุ่น ควันดำออกมา มีสารก่อมะเร็งที่สำคัญคือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน นอกจากนี้รถบรรทุกหิน ดิน ทราย ซีเมนต์หรือวัตถุที่ทำให้เกิดฝุ่นหรือดินโคลนที่ติดอยู่ที่ล้อรถ ขณะแล่นจะมีฝุ่นตกอยู่บนถนน แล้วกระจายตัวอยู่ใน หรือมีกองวัสดุข้างถนนเมื่อรถแล่นจะทำให้เกิดฝุ่นปลิวอยู่ในอากาศ รวมถึงการก่อสร้างถนนใหม่หรือการปรับปรุงผิวจราจรก็ทำให้เกิดฝุ่นมาก

ภาพที่ 3.3 ควันจากการเผาไหม้

3) การก่อสร้าง การก่อสร้างหลายชนิด มักมีการเปิดหน้าดินก่อนการก่อสร้าง ซึ่งทำให้เกิดฝุ่นได้ง่าย เช่น อาคาร สิ่งก่อสร้าง การปรับปรุงสาธารณูปโภค การก่อสร้างอาคารสูง ฯลฯ ทำให้ฝุ่นปูนซีเมนต์ถูกลมพัดออกมาจากอาคาร การรื้อถอน ทำลาย อาคารหรือสิ่งก่อสร้าง

4) มลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น โรงถลุงและหลอมโลหะ อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมเคมี เป็นต้น เป็นแหล่งก่อให้เกิดมลพิษอากาศได้แตกต่างกัน ขึ้นกับประเภทของโรงงาน โดยทั่วไปโรงงานอุตสาหกรรมนับว่าเป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศที่สำคัญแหล่งหนึ่งและเป็นแหล่งที่ถูกกล่าวโทษจากประชาชนเป็นอย่างมากเนื่องจากบางครั้งสามารถมองเห็นควันที่ปล่อยออกมาจากปล่องควันได้อย่างชัดเจน สารมลพิษทางอากาศที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ ได้แก่ ฝุ่นละออง เขม่าควันก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์และก๊าซพิษอื่นๆ อีกหลายชนิด นอกจากนี้การเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน ฟืน แกลบ เพื่อนำพลังงานไปใช้ในการผลิต และการเคลื่อนย้ายหรือขนย้ายวัตถุดิบยังทำให้เกิดมลพิษทางอากาศได้อีกด้วย

ภาพที่ 3.4 ควันจากโรงงานอุตสาหกรรม
(Link: http://www.hazardexonthenet.net/article/159728/Ten-injured-and-hundreds-evacuated-in-German-oil-refinery-blast.aspx)

5) การเผาขยะจากชุมชนและการเผาผลิตผลทางการเกษตร การเผาขยะจากชุมชนถือเป็นแหล่งปลดปล่อยมลพิษทางอากาศไปในบรรยากาศที่สำคัญประการหนึ่ง โดยพบว่าปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากชุมชนมีเพียงร้อยละ 70-80 ที่ได้รับการเก็บขนและมีเพียง ร้อยละ 30 ที่ได้รับการกำจัดถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล ส่วนปริมาณขยะที่ไม่ได้รับการกำจัดถูกกองทิ้งกลางแจ้ง รวมทั้งการเผาเป็นครั้งคราว ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ เช่น ฝุ่นละอองเขม่า ควัน ก๊าซ และไอระเหย อีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาฝุ่นละอองและหมอกควัน คือ การเผาเศษวัชพืชและวัสดุทางการเกษตร เช่น ซังข้าว ซังข้าวโพด การเผาเศษหญ้าริมทาง ฯลฯ โดยเกษตรกรมีความเชื่อว่าการเผาจะเป็นการกำจัดเศษวัชพืชและเชื้อโรคในดินได้ และยังเป็นการเตรียมการเพาะปลูกที่ใช้เวลาและค่าใช้จ่ายน้อย เพียงแต่มีผลกระทบทางสุขภาพค่อนข้างมาก

ตารางที่ 3.1 **แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศแยกตามชนิดของสารมลพิษ** (ประยุกต์จาก UNEP,1991)

สารมลพิษ	แหล่งกำเนิด
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)	ถ่านหิน การเผาไหม้เชื้อเพลิง และอุตสาหกรรมถลุงเหล็ก
ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM)	การเผาไหม้เชื้อเพลิง การสูบบุหรี่ จราจร
ไนโตรเจนออกไซด์ (NOx)	การเผาไหม้เชื้อเพลิง
คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	การเผาไหม้เชื้อเพลิงและปิโตรเลียมไม่สมบูรณ์
โอโซน (O_3)	การทำปฏิกิริยาระหว่าง NOx กับแสงแดด
ตะกั่ว	ถ่านหิน โรงงานทำแบตเตอรี่ สายไฟ โรงถลุงเหล็ก สีทาบ้าน
สารประกอบไฮโดรคาร์บอน	อุตสาหกรรมปิโตรเคมี

โดยแหล่งมลพิษอากาศ อาจแบ่งเพื่อความง่ายต่อการระบุแหล่งกำเนิดได้ 2 ประเภท คือ

1. Point Source หรือ Stationary Source คือ แหล่งกำเนิดมลพิษที่สามารถระบุแหล่งได้แน่ชัดและไม่มีการเคลื่อนที่ ได้แก่ ปากปล่องโรงงาน หรือบ่อทิ้งขยะ ความเสี่ยงการสัมผัสมักเกิดกับกลุ่มประชากรที่อยู่อาศัยใกล้แหล่งเหล่านั้น

2. Nonpoint Source ของมลพิษอากาศ คือ แหล่งกำเนิดที่มีการเคลื่อนที่หรือมีแหล่งกำเนิดไม่แน่ชัด เช่น มลพิษอากาศที่พบได้ทั่วไปบนท้องถนน ซึ่งเกิดจากการจราจร หรือการเผาขยะ เป็นต้น

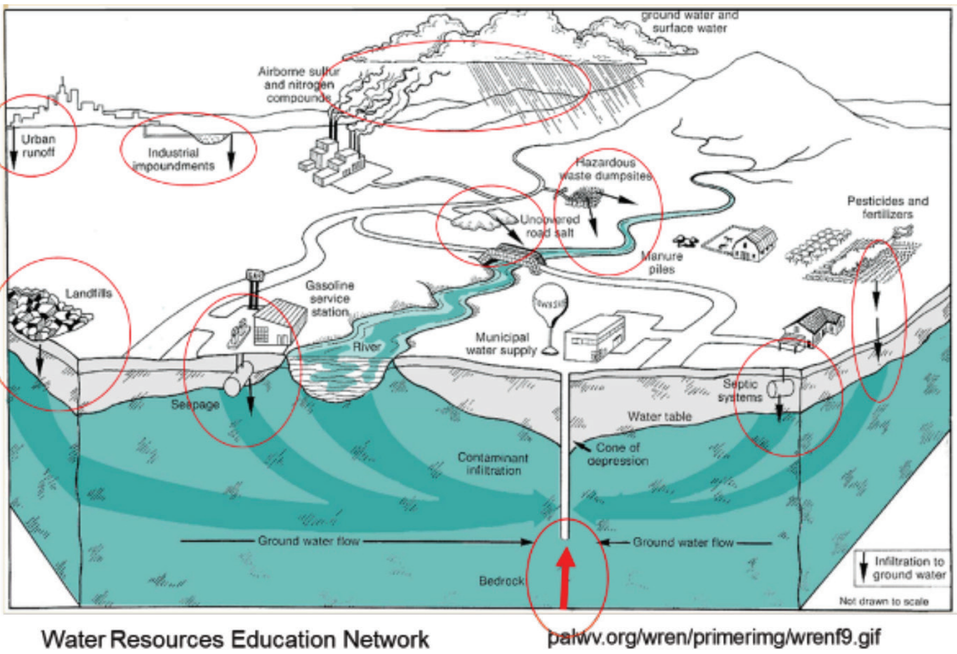
2) มลพิษทางน้ำ

การที่มีสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ สัตว์หรือพืช ปนเปื้อนลงในแหล่งน้ำ เช่น แม่น้ำ ทะเล มหาสมุทร ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Schwarzenbach et al., 2010)

แหล่งของมลพิษทางน้ำ แบ่งได้หลัก ๆ เป็น 2 แหล่งหลัก

1) **น้ำใต้ดิน** คือ น้ำซึ่งเกิดจากการซึมผ่านของน้ำฝนหรือน้ำผิวดินและเกิดการสะสมบริเวณชั้นหินใต้ดินซึ่งสามารถกักเก็บน้ำได้ (Schwarzenbach et al., 2010) แหล่งน้ำใต้ดินมีความสำคัญในหลายพื้นที่ของประเทศไทย กล่าวคือ บางพื้นที่เป็นแหล่งน้ำกินน้ำใช้ที่สำคัญของประชากรในพื้นที่ แหล่งน้ำใต้ดินมีโอกาสปนเปื้อนได้จากหลายสาเหตุ เช่น การซึมผ่านของปุ๋ยและสารกำจัดศัตรูพืชจากการเกษตร การปนเปื้อนโลหะหนักจากแหล่งทิ้งขยะอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น การปนเปื้อนน้ำใต้ดิน เมื่อเกิดขึ้นแล้วจะจัดการได้ยากจำเป็นต้องใช้เวลานับสิบปี กว่าสารปนเปื้อนนั้นจะเจือจาง และการปนเปื้อนน้ำใต้ดิน อาจจะทำให้เกิดการปนเปื้อนน้ำผิวดินจากการซึมผ่านได้อีกด้วย (Schwarzenbach et al., 2010)

2) **น้ำผิวดิน** หมายถึง น้ำซึ่งอยู่บนพื้นผิวโลก 70% ของน้ำบนโลกเป็นน้ำผิวดิน ได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง ทะเล มหาสมุทร เป็นต้น ปัจจุบันน้ำผิวดินมีความเสื่อมโทรมอย่างมาก จนหลายแหล่งไม่สามารถลงไปว่ายน้ำ นำน้ำมาใช้ในการอุปโภคหรือบริโภค หรือแม้กระทั่งการจับสัตว์น้ำมาบริโภคก็ไม่สามารถทำได้ การปนเปื้อนสำคัญคือการปนเปื้อนของไนเตรตและฟอสเฟต ซึ่งมักอยู่ในส่วนผสมของปุ๋ยและอาหารสัตว์ ทำให้แหล่งน้ำเสีย รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ และที่อยู่อาศัยก็ปล่อยน้ำเสียและทิ้งขยะลงในแหล่งน้ำ สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำผิวดิน (Schwarzenbach et al., 2010)



ภาพที่ 3.5 แหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำ

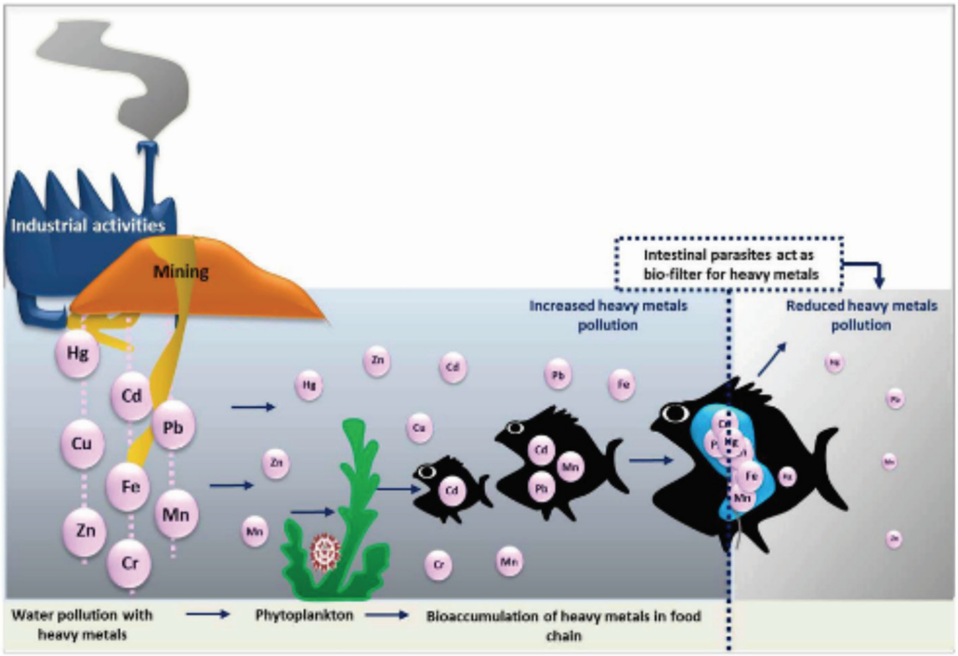
โดยแหล่งมลพิษทางน้ำ อาจแบ่งเพื่อความง่ายต่อการระบุแหล่งกำเนิดได้ 2 ประเภท คือ

1. Point Source หรือ Stationary Source คือ แหล่งกำเนิดมลพิษที่สามารถระบุแหล่งได้แน่ชัดและไม่มีการเคลื่อนที่ ได้แก่ แหล่องปล่อยน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมหรือบ่อบำบัดน้ำเสีย ซึ่งแหล่งเหล่านี้มักมีกฎหมายกำหนดบังคับ
2. Nonpoint Source ของมลพิษอากาศ คือ แหล่งกำเนิดที่มีการเคลื่อนที่หรือมีแหล่งกำเนิดไม่แน่ชัด เช่น มลพิษทางน้ำ จากการเกษตรหรือจากน้ำป่าหรือภาวะน้ำท่วม

3) มลพิษทางดินและอาหาร

คือ การปนเปื้อนสารมลพิษหรือสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ลงในดิน ซึ่งต่อมาสารปนเปื้อนเหล่านั้นก็อาจจะปนเปื้อนในพืชที่ปลูกผ่านดินที่ปนเปื้อนนั้นโดยดูดซึมจากในดิน ดังภาพที่ 3.6 และเมื่อมนุษย์ไปรับประทานอาหารก็จะได้รับสารมลพิษเหล่านั้นและอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพ (Thompson & Darwish, 2019)

พืชบางชนิด มีโอกาสปนเปื้อนสารเคมีได้มากกว่าพืชประเภทอื่น เช่น ข้าวมีโอกาสที่ปนเปื้อนโลหะหนักได้มาก เนื่องจากเป็นพืชที่ดูดโลหะหนักในดิน โดยโลหะหนักที่ข้าวดูดซึม ได้แก่ แคดเมียม ตะกั่ว และสารหนู (Zeng et al., 2015) นอกจากนี้โลหะหนักหลายชนิด ซึ่งเกิดจากอุตสาหกรรมยังสามารถสะสมในวงจรอาหารได้ เช่น ปรอท หรือตะกั่ว ซึ่งทำให้เกิดการสะสมในวงจรอาหาร โดยมีการสะสมอย่างเป็นลำดับขั้น หรือ เรียกว่า “Bioaccumulation” ตัวอย่าง เช่น วงจรอาหารในปลา เมื่อปลากินแพลงตอนก็จะไปสะสมในปลาขนาดเล็ก และเมื่อปลาขนาดใหญ่กินปลาขนาดเล็กก็จะไปสะสมในปลาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งความเข้มข้นของโลหะหนักเหล่านี้ก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ



ภาพที่ 3.6 การสะสมโลหะหนักในห่วงโซ่อาหาร (Bioaccumulation) จาก (Mehana et al., 2020)

เอกสารอ้างอิง

Mehana, E.-S. E., Khafaga, A. F., Elblehi, S. S., Abd El-Hack, M. E., Naiel, M. A. E., Bin-Jumah, M., Othman, S. I., & Allam, A. A. (2020). Biomonitoring of Heavy Metal Pollution Using Acanthocephalans Parasite in Ecosystem: An Updated Overview. Animals, 10(5), 811. https://doi.org/10.3390/ani10050811

Schwarzenbach, R. P., Egli, T., Hofstetter, T. B., von Gunten, U., & Wehrli, B. (2010). Global Water Pollution and Human Health. Annual Review of Environment and Resources, 35(1), 109–136. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-100809-125342

Thompson, L. A., & Darwish, W. S. (2019). Environmental Chemical Contaminants in Food: Review of a Global Problem. Journal of Toxicology, 2019. https://doi.org/10.1155/2019/2345283

UNEP. (1991). Urban air pollution monitoring: Report of a meeting of UNEP/WHO Government-Designated Experts, Geneva, 5-8 November 1991. Urban Edge. https://apps.who.int/iris/handle/10665/58952

Zeng, F., Wei, W., Li, M., Huang, R., Yang, F., & Duan, Y. (2015). Heavy Metal Contamination in Rice-Producing Soils of Hunan Province, China and Potential Health Risks. International Journal of Environmental Research and Public Health, 12(12), 15584–15593. https://doi.org/10.3390/ijerph121215005

กรมอนามัย. (2015). แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงจากมลพิษทางอากาศ. http://hia.anamai.moph.go.th/more_news.php?cid=317&filename=index

บทที่ 4

หลักการประเมินการสัมผัส ด้านอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม

บทที่
4

หลักการประเมินการสัมผัสด้านอาชีวอนามัย และอนามัยสิ่งแวดล้อม

โดย รศ.ดร. ฐิติวร ชูสง

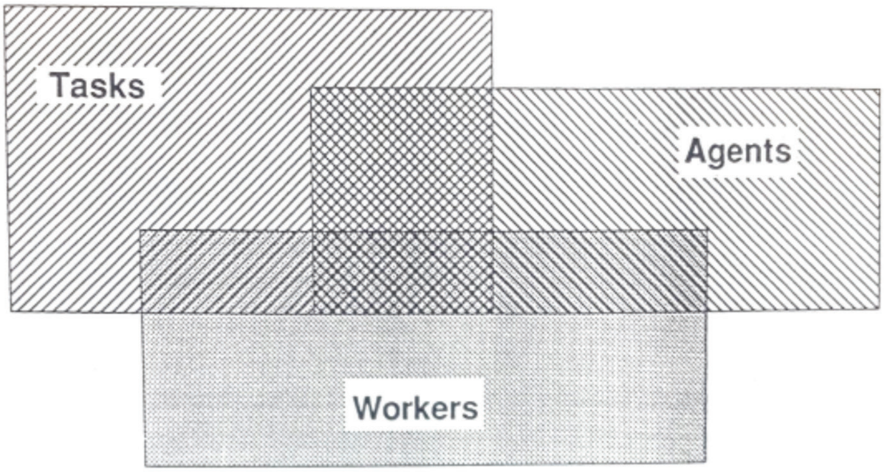
บทนำ

ในงานระบาดวิทยาอาชีวอนามัย มุ่งเน้นศึกษาการกระจายของโรคและการบาดเจ็บในงานที่มีผลกระทบมาจากความถี่ในการสัมผัสสิ่งคุกคามระหว่างการทำงาน โดยการศึกษาต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อม ประวัติการทำงาน วิถีชีวิต และพฤติกรรมเสี่ยงซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการก่อให้เกิดโรคทางอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการประเมินการสัมผัสด้านอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อมจึงเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่ต้องอาศัยองค์ความรู้ทางด้านระบาดวิทยา ด้านอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม โดยสามารถเริ่มต้นได้จากการใช้องค์ความรู้เกี่ยวกับการตระหนักถึงโรคจากประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม เช่น การศึกษาข้อมูลจากการรายงานถึงลักษณะการทำงาน สาเหตุของการสัมผัสสิ่งคุกคาม และเงื่อนไขในการเจ็บป่วยหรือเสียชีวิตของคนงานเหมืองในปี ค.ศ. 1930 โดยพบว่า มีการเสียชีวิตจากโรคมะเร็งปอดเกือบร้อยละ 50 และป่วยเป็นโรคระบบทางเดินหายใจชนิด nonmalignant ร้อยละ 25 เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในปี ค.ศ. 1984 พบว่า มีรังสีในชั้นใต้ดินของเหมือง และมีหลักฐานยืนยันของ dose-response relationship ระหว่างมะเร็งปอดและการสัมผัสรังสี เป็นต้น ลำดับถัดไปคือการประยุกต์ไปยังงานด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม คือ การศึกษาการเกิดโรคจากฐานข้อมูลสุขภาพ โดยเริ่มต้นจากการศึกษาการสัมผัสสิ่งคุกคามจากการประกอบอาชีพทั้งในปัจจุบันและในอดีต และขยายกรอบการศึกษาการสัมผัสสิ่งคุกคามไปยังประชากรกลุ่มอื่น ๆ ที่มีการสัมผัส

สิ่งคุกคามในปริมาณน้อย หรือมีความถี่การสัมผัสต่ำกว่าจากการประกอบอาชีพ เพื่อพรรณนาภาพรวมของความเสี่ยงจากการสัมผัสสิ่งคุกคาม (risk assessment) ต่อไป โดยการประเมินความเสี่ยงด้านอาชีวอนามัย (occupational exposure assessment) ถือเป็นกระบวนการตัดสินใจบนพื้นฐานของการประเมินการสัมผัส (exposure assessment) ได้แก่ ปริมาณการสัมผัสสิ่งคุกคามในสถานประกอบการ และการพรรณนาหรืออธิบายลักษณะความเสี่ยง เพื่อแสดงผลทางพิษวิทยาในแต่ละระดับการสัมผัสสารเคมีหรือสิ่งคุกคามนั้น ๆ และความเสี่ยงในการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ

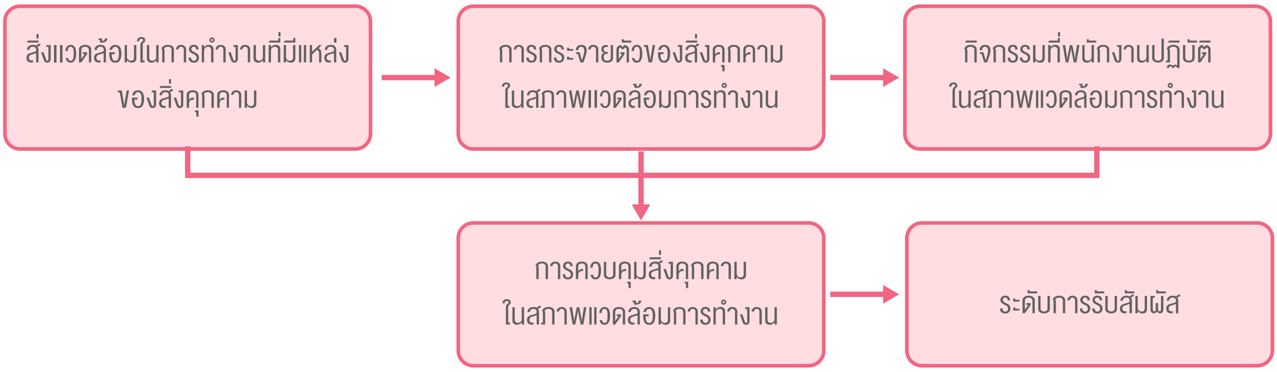
การประเมินการสัมผัสด้านอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม

การประเมินการสัมผัสด้านอาชีวอนามัย เป็นกระบวนการพรรณนา “ระดับการสัมผัสสิ่งคุกคาม” ในสถานที่ทำงาน เนื่องจากสิ่งแวดล้อมในการทำงานจัดเป็นแหล่งของสิ่งคุกคามที่ “พนักงาน” มีความเสี่ยงในการรับสัมผัส และปริมาณการสัมผัสมักไม่ใช่ค่าใดค่าหนึ่ง หรือประเมินเป็นช่วงการสัมผัส ซึ่งขึ้นกับ “ลักษณะงาน” ดังภาพที่ 4.1 โดยเฉพาะงานที่ต้องมีการย้ายไปในปฏิบัติหน้าที่ในแผนกอื่น ๆ “ความถี่” และ “สภาพแวดล้อมในการทำงาน” จึงแตกต่างกันไปตามกระบวนการผลิตในปริมาณการสัมผัสที่พนักงานแต่ละคนจะได้รับ ในการประเมินการสัมผัสจึงมีตัวแปรของความไม่แน่นอน (uncertainty) และสามารถควบคุมได้จากกระบวนการเก็บข้อมูล (การใช้แบบสัมภาษณ์ และแบบสอบถามชนิดมีโครงสร้าง) การสุ่มตัวอย่างและวิเคราะห์ข้อมูลที่ดี



ภาพที่ 4.1 องค์ประกอบการประเมินการสัมผัสด้านอาชีวอนามัย ได้แก่
1) ลักษณะงาน (Task) หมายถึง การปฏิบัติงานของพนักงานที่มีความสัมพันธ์กับการสัมผัสสิ่งคุกคาม
2) สิ่งคุกคาม (Agent) หมายถึง สารเคมีหรือสิ่งคุกคามที่พนักงานได้รับสัมผัสระหว่างการทำงานหรืองานย่อย หรือในสิ่งแวดล้อมการทำงาน หรือจากพื้นที่ใกล้เคียง หรือจากความบังเอิญของการทำงานผู้อื่น เป็นต้น
3) พนักงานหรือผู้ปฏิบัติงาน หมายถึง ผู้ที่ทำงานในตำแหน่งงาน กลุ่มงาน ภาระงานเดียวกัน (AIHA, 20006)

รวมทั้งช่องทางการเข้าสู่ร่างกายของสิ่งคุกคามแต่ละชนิดแตกต่างกัน ประกอบด้วย ทางหายใจ ทางการกิน และทางผิวหนัง โดยในบทนี้จะมุ่งเน้นการสัมผัสสารเคมีที่มีช่องทางการรับสัมผัสหลักคือ การหายใจ เนื่องจากระบบทางเดินหายใจของมนุษย์เป็นช่องทางที่มีพื้นผิวสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมมากที่สุด และพื้นฐานของการประกาศค่าขีดจำกัดการสัมผัสอาชีวอนามัยส่วนใหญ่ใช้ข้อมูลจากการสัมผัสทางการหายใจ ดังนั้นการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการสัมผัสสิ่งคุกคาม และการกระจายตัวของจุดตรวจวัดปริมาณสิ่งคุกคามควรเป็นตัวแทนของการสัมผัส ไม่ใช่เป็นการประมาณค่าแบบจุด (point estimate) เนื่องจากสภาพแวดล้อมในการทำงานอาจประกอบด้วยแหล่งการปนเปื้อนหลาย ๆ แหล่ง ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารเคมีนั้น ๆ นอกจากนี้หากเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กที่เกิดมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ก็จะแพร่กระจายไปได้ตามทิศทางของลม ซึ่งแตกต่างกับอนุภาคขนาดใหญ่ เช่น อนุภาคที่เกิดจากการขัดก็จะตกลง ณ หน้างาน หรือบริเวณพื้นที่การทำงาน อย่างไรก็ตาม การประเมินการสัมผัสด้านอาชีวอนามัยมีวัตถุประสงค์หลากหลาย เช่น การประเมินเพื่อให้เป็นไปตามกฎหมาย หรือค่าขีดจำกัดในการสัมผัสด้านอาชีวอนามัย (occupational exposure limits, OEL) หรือ การศึกษาทางระบาดวิทยาเพื่อพรรณนาประวัติการสัมผัสสิ่งคุมคาม ซึ่งวัตถุประสงค์ของการประเมินการสัมผัสข้างต้นมีกระบวนการแตกต่างกัน โดยในบทนี้จะมุ่งเน้น การประเมินการสัมผัสทางระบาดวิทยาอาชีวอนามัย เพื่อประยุกต์ใช้ในงานอนามัยสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 4.2 แนวคิดการสัมผัสสิ่งคุกคามในการทำงาน (ประยุกต์จาก Ramachandran, 2005)

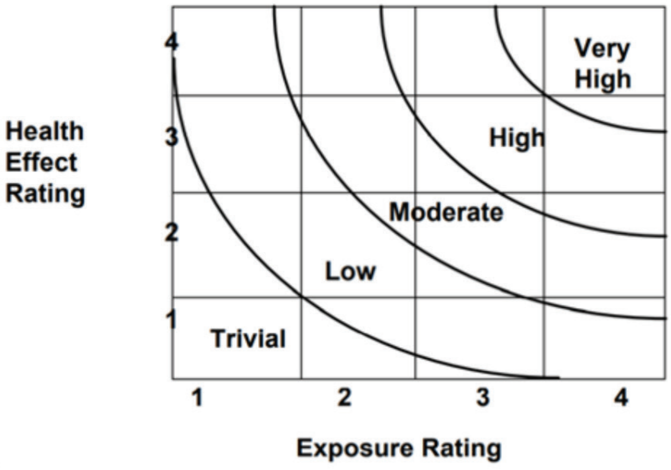
การประเมินการสัมผัสทางระบาดวิทยาอาชีวอนามัย ประกอบด้วย การเก็บข้อมูล (data collection) การบ่งชี้อันตราย (identification of the hazard) การเลือกเมตริกที่เหมาะสม (selection of appropriate metrics) ข้อมูลกลุ่มการสัมผัสสิ่งคุกคาม และปริมาณการสัมผัส โดยข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการประเมินการสัมผัส ประกอบด้วย

1) ข้อมูลพรรณนาพิษวิทยา คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสิ่งคุกคาม ควรเริ่มต้นจากการค้นคว้าความรู้ทางด้านพิษวิทยา ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการประเมินสัมผัส ได้แก่ ระดับความเป็นพิษและผลกระทบต่อสุขภาพ และคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เช่น การกลายเป็นไป การละลายน้ำ ความหนัก-เบากว่าอากาศ เป็นต้น

2) ข้อมูลงาน ข้อมูลที่ควรเก็บรวบรวมได้แก่ ชื่องาน ภาระงาน ลักษณะงานย่อย ข้อมูลกระบวนการผลิต อุปกรณ์/เครื่องมือที่ใช้ การควบคุมทางด้านวิศวกรรมหรือการควบคุมบริหารจัดการที่ดำเนินการในสถานประกอบการ รายการสารเคมีที่ใช้ รวมไปถึงอัตรากำลังการผลิต (ถ้ามี)

3) ข้อมูลอื่น ๆ ได้แก่ ข้อมูลสุขภาพของพนักงาน ผลการตรวจวัดสิ่งแวดล้อมในการทำงาน การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล การสื่อสารความเสี่ยง ข้อมูลการชดเชยแรงงาน (กองทุนเงินทดแทน) และโปรแกรมสุขศาสตร์อุตสาหกรรมที่นำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

การเก็บข้อมูลเบื้องต้นดังกล่าวที่เพียงพอ โดยใช้กระบวนการศึกษาทางระบาดวิทยาเชิงพรรณนา เพื่อประเมินข้อมูลและบริบทของสถานประกอบการนั้น สามารถนำไปสู่การจำแนกการสัมผัสได้ตามกระบวนการทำงาน (process-specific) ตามสิ่งสัมผัส (chemical-specific) ตามลักษณะงาน (job-specific) และลักษณะจำเพาะส่วนบุคล (person-specific) ซึ่งจะอธิบายในส่วนของการทำ Job exposure matrix (JEM) ต่อไป

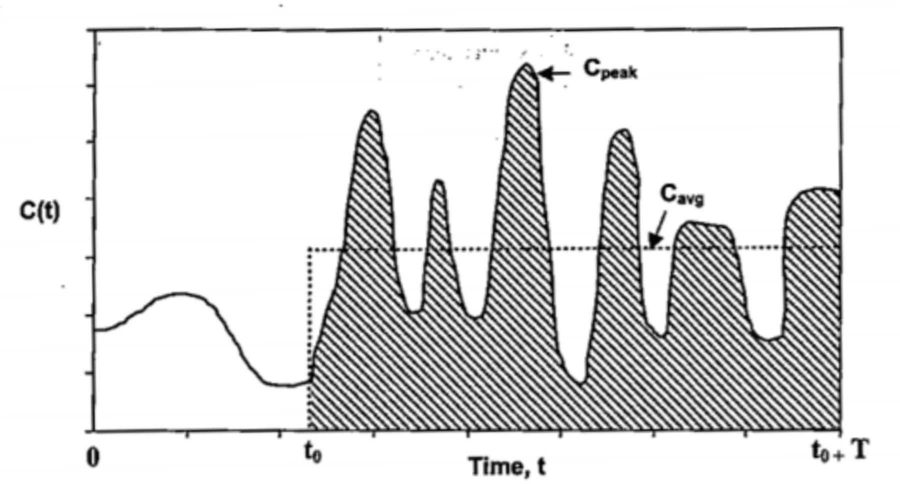


ภาพที่ 4.3 ตัวอย่าง Metric การประเมินการสัมผัส (AIHA, 2000)

การบ่งชี้อันตรายและการค้นหาสิ่งคุกคามในสภาพแวดล้อมการทำงานและสิ่งแวดล้อมทั่วไป (Hazard identification: Job and Source dispersion in Environment)

สิ่งคุกคามจัดเป็นตัวกระตุ้น (stressor) หรือเป็นตัวร่วมกับสิ่งเร้าชนิดอื่น ๆ ในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งร่างกายสามารถรับสัมผัสได้ 3 ช่องทาง คือ การหายใจ การกิน และการซึมผ่านผิวหนัง ถึงแม้ว่าสารเคมีบางชนิดมีช่องทางหลัก คือ การหายใจ แต่ในการประเมินการสัมผัส ควรมีการคำนึงถึงช่องทางรับสัมผัสทางผิวหนัง และการกิน ร่วมด้วย นอกจากนี้สารเคมีบางชนิดมีฤทธิ์เสริมกัน (additive effect) โดยเฉพาะสารเคมีทำละลาย เช่น n-hexane มีผลต่อระบบสมองและประสาทเมื่อสัมผัสร่วมกับ methyl ethyl ketone (MEK) และเปลี่ยนกระบวนการเมตาบิลิซึมของโทลูอีน ไตรคลอโรเอทิลลีน และ n-hexane เมื่อสัมผัสร่วมกันในปริมาณสูงเมื่อเทียบกับการสัมผัสในปริมาณที่ต่ำกว่า นอกจากนี้บ่งชี้แหล่งของการรั่วไหลของสิ่งคุกคามจากกระบวนการผลิตหรือการทำงาน ตลอดจนการปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม (ชุมชน) เป็นสิ่งสำคัญในป้องกันการการแพร่กระจายของสิ่งคุมคามในสภาพแวดล้อมการทำงานและชุมชน ดังนั้น การบ่งชี้อันตรายของสิ่งคุกคาม จึงมีความจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากหลากหลายแหล่งที่น่าเชื่อถือ การทบทวนวรรณกรรมทางด้านพิษวิทยาและองค์ประกอบทางกายภาพของสารเคมีนั้น ๆ เพื่อนำไปสู่การประเมินการสัมผัสที่คลอบคลุมต่อไป

การประเมินการสัมผัสในงานอาชีวอนามัยเป็นการประเมินในสิ่งแวดล้อมขนาดเล็ก "microenvironment" ดังนั้น ระดับความเข้มข้นของสารเคมีจะแปรตามลักษณะงานและสภาพแวดล้อมที่พนักงานทำงาน เช่น หากทำงานใกล้แหล่งมลพิษ/สิ่งคุกคามจะมีแนวโน้มได้รับสัมผัสปริมาณสูงกว่าพื้นที่การทำงานที่อยู่ถัด ๆ มา ลักษณะการกระจายตัวของปริมาณสิ่งคุกคามนี้เรียกว่า "spatial inhomogeneity" ซึ่งแปรตามตำแหน่งที่ปฏิบัติงาน หรือความห่างจากแหล่งมลพิษ/สิ่งคุกคาม และระบบระบายอากาศ ดังนั้นหากพนักงานมีการย้ายจุดปฏิบัติงาน หรือ ทำงานเพียงจุดใดจุดหนึ่ง หรือมีอัตราการระบายอากาศไม่คงที่ หรืออัตราการผลิตไม่คงที่ ย่อมมีผลต่อปริมาณการรับสัมผัส หรือ DOSE ที่พนักงานแต่ละคนได้รับเช่นกัน ดังภาพที่ 4.4

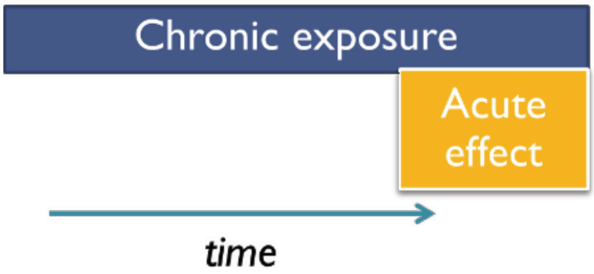


ภาพที่ 4.4 ปริมาณการสัมผัสสารเคมี (ค่าเฉลี่ย และค่า peak) ในแต่ละช่วงของเวลา t_0 ถึง t_0+T (Ramachandran, 2005)

ในการบ่งชี้อันตรายและเฝ้าระวังการสัมผัสสิ่งคุกคาม "ความถี่" ของการสัมผัสสิ่งคุกคามและปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ไม่สืบเนื่องมาจากการประกอบอาชีพล้วนมีความสำคัญในการพรรณนาสาเหตุและการเกิดโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โรคมะเร็งปอด ซึ่งอาจเกิดจากการสูบบุหรี่ และอีกหลากหลายปัจจัยที่มีความซับซ้อน รวมทั้งระยะเวลาในการก่อนโรคที่ใช้เวลานานหลังจากการสัมผัสสิ่งคุกคามนั้น ๆ ในครั้งแรก หรือหลังจากสัมผัสสิ่งคุกคามมีเพียงอาการและอาการแสดงแต่ไม่ก่อโรค นอกจากนี้ DOSE เป็นคำนิยามที่ใช้ในงานเฝ้าระวังมลพิษจากสิ่งแวดล้อมที่สามารถก่อให้เกิดพิษเฉียบพลันและเรื้อรังได้ โดยปัจจัย "ความถี่" อาจจะมีผลหรือไม่มีผลสำหรับสารเคมีบางชนิด หรือการสัมผัสนั้นเป็นในลักษณะ peak concentration โดยการได้รับสัมผัสและการก่อโรค แบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ a) การสัมผัสระยะสั้นและก่อโรคเฉียบพลัน b) การสัมผัสระยะยาวและก่อโรคเรื้อรัง c) การสัมผัสระยะยาวและก่อโรคเฉียบพลัน d) การสัมผัสระยะสั้นและก่อโรคเรื้อรัง ดังภาพที่ 4.5

a) การสัมผัสระยะสั้นและก่อโรคเฉียบพลัน

b) การสัมผัสระยะยาวและก่อโรคเรื้อรัง



c) การสัมผัสระยะยาวและก่อโรคเฉียบพลัน

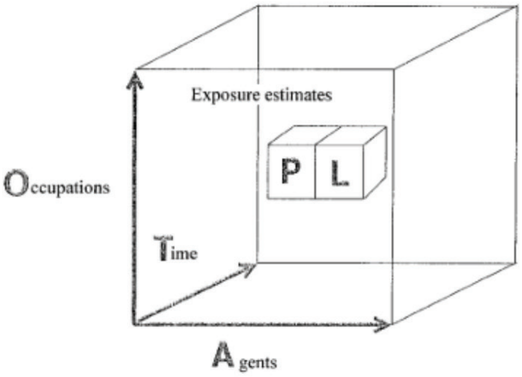
d) การสัมผัสระยะสั้นและก่อโรคเรื้อรัง

ภาพที่ 4.5 การได้รับสัมผัสและการก่อโรค

ในการพรรณนา exposure-disease continuum ต้องพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของแหล่งมลพิษ/สิ่งคุกคาม ช่องทางการรับสัมผัส และปริมาณการสัมผัส (DOSE) ประกอบกับการบ่งชี้รูปแบบการสัมผัสในแต่ละช่วงเวลาและปริมาณการสัมผัสในช่วงเวลานั้น ๆ เนื่องจากการส่งผลกระทบต่อสุขภาพในแต่ละบุคคลอาจส่งผลในระดับที่แตกต่างกัน จากปัจจัยทาง pharmacokinetics และ pharmacodynamics ดังนั้นการตรวจระดับสารเคมีในร่างกาย หรือที่เรียกว่า การตรวจวัดทางชีวภาพ (biological monitoring) จึงสามารถลดความไม่แน่นอนของการสัมผัสได้

ข้อมูลระบาดวิทยา Job-exposure matrices (JEMs) และการประยุกต์

Job-exposure matrices (JEM) เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับงานโดยใช้หลักการทางระบาดวิทยาเพื่อพรรณนาความเป็นไปได้ในการสัมผัสสิ่งคุกคามหรือสารเคมีโดยอัตโนมัติ โดยสามารถจัดกลุ่มระดับความเข้มข้นสารเคมีหรือการจัดระดับการสัมผัสตามอาชีพ (ลักษณะพื้นที่การทำงาน งาน งานย่อย) ตามมิติเวลาที่คำนึงถึงช่วงระยะเวลาการสัมผัส ดังภาพที่ 4.6



P = ความชุกของการสัมผัส
L = ระดับความเข้มข้นเฉลี่ย

ภาพที่ 4.6 แนวคิดการทำ FINJEM (Kauppinen T. et, al., 1998)

อย่างไรก็ตาม JEM จัดเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางระบาดวิทยาอาชีวอนามัย ในการประเมินการสัมผัสกับสิ่งคุกคามในสถานที่ทำงานที่มีผลต่อสุขภาพ เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการวางแผน เฝ้าระวัง ป้องกันและประเมินการป้องกันสิ่งคุกคามจากงาน โดย JEM เป็นการแสดงผลในรูปแบบตารางไขว้ของ “งาน” และ “สิ่งคุกคาม” หรือจำแนกเป็น 2 แกน คือ แกนงาน (job axis) และแกนการสัมผัส (exposure axis) โดยองค์ประกอบอื่น ๆ เป็นปัจจัยที่ต้องเก็บข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและลดอคติ ดังนั้นในการจัดทำ JEM จะต้องมีการรวบรวมข้อมูลประวัติการสัมผัสจากผลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมในแต่ละงาน (Job) รวมทั้งลักษณะงาน (Task) ทั้งในอดีตและปัจจุบันโดยนักสุขศาสตร์ ร่วมกับการสัมภาษณ์พนักงานเพิ่มเติมเกี่ยวกับ

- กระบวนการทำงาน ระยะเวลาทำงาน และการสัมผัสสิ่งคุกคามในงานและช่องทางการสัมผัส
- การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตและการสัมผัสสิ่งคุกคามในงานที่เปลี่ยนแปลงไป
- ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการผลิต
- ข้อมูลการจัดการด้านอาชีวอนามัย เช่น มาตรการควบคุมป้องกันสิ่งคุกคาม

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อแบ่งระดับการสัมผัส โดยการแบ่งระดับการสัมผัสอ้างอิงตามค่าขีดจำกัดการสัมผัสทางอาชีวอนามัย (Occupational Exposure Limits, OELs) เช่น Threshold limit value (TLVs) แบ่งออกเป็น 3 ค่าดังนี้ คือ

- Time-Weighted Average (TWA) หมายถึง ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยในการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน (TWA8) โดยไม่เกิน 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ โดยในแต่ละช่วงระยะเวลา 30 นาทีของการทำงานใด ๆ ก็ตามจะต้องมีค่าความเข้มข้นไม่เกิน 3 เท่าของ TWA และไม่ว่ากรณีใดก็ตามต้องไม่เกิน 5 เท่าของ TWA
- Short-Term Exposure Limit (STEL) เป็นค่าแนะนำในการสัมผัสระยะสั้นๆต่อสารเคมีที่มีความเข้มข้นสูง ซึ่งมีพิษอย่างเฉียบพลัน ค่าในการสัมผัสจะต้องไม่เกิน 15 นาทีตลอดทุกช่วงเวลาการทำงาน โดยจะต้องมีค่าสูงไม่เกิน 4 ครั้งต่อวัน หรือสัมผัสอย่างต่อเนื่องไม่เกิน 60 นาที
- Ceiling (C) เป็นค่าความเข้มข้นที่ไม่ควรเกินตลอดระยะเวลาการทำงานไม่ว่าจะเป็นเวลาใดก็ตาม หากไม่สามารถวัดค่า ceiling ได้ ให้วัดเป็นระยะเวลา 15 นาทีแทน

ในการเก็บข้อมูลตัวอย่างเพื่อประเมินการสัมผัสในกลุ่มประชากรขนาดใหญ่ที่มีการสัมผัสสิ่งคุกคามหลากหลายชนิดจำเป็นต้องใช้เวลานานและความละเอียดอ่อน

การจัดกลุ่มเหมือน หรือ คล้าย (Homogeneous group หรือ similar group exposure)

การจัดกลุ่มเหมือน หรือ คล้าย เป็นการจัดกลุ่มประชากรที่มีลักษณะหรือคุณสมบัติเดียวกันตามข้อมูล profile การสัมผัส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนการเก็บตัวอย่างลง โดยใช้เทคนิค random sampling ในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง (ตารางที่ 4.1) คุณลักษณะของตัวแปรแบ่งออกเป็น within-worker variability (การได้รับสัมผัสในแต่ละวัน) และ between-worker variability (ความแตกต่างของลักษณะงานย่อย และรูปแบบกิจกรรมของพนักงาน) อย่างไรก็ตามการจัดกลุ่มเหมือน หรือ คล้ายควรคำนึงถึงตัวแปร “งานย่อย ความถี่ สภาพแวดล้อมในการทำงาน/กระบวนการผลิต การควบคุม และระดับการสัมผัสที่คล้ายคลึงกัน (เช่น TWA8 หรือ Peak)” ซึ่งการจัดกลุ่มคล้าย (similar group exposure, SEG) จะเป็นไปได้มากกว่าการจัดกลุ่มเหมือน (homogeneous group exposure) โดยปัจจุบันนิยมใช้ SEG การแบ่งกลุ่มการสัมผัสจากความเข้มข้นของสิ่งคุกคาม สามารถแบ่งออกเป็น กลุ่มไม่มีการสัมผัส (non-exposure) กลุ่มสัมผัสอยู่ในระดับ OEL และ กลุ่มสัมผัสสูงกว่าระดับ OEL (over-exposure) หรือ ต่ำ กลาง สูง และ สูงมาก เป็นต้น ข้อพึงระวังในการจัดกลุ่มคล้าย คือ อคติในการจัดกลุ่มไม่ถูกต้อง (misclassification bias) จากข้อมูลระดับการสัมผัสที่ไม่เพียงพอ หรือจำแนกจากชื่องาน หรือ การแบ่งลำดับการสัมผัสที่หยาบเกินไป หรือพนักงานมีหลายหน้างานและสัมผัสความเข้มข้นของสิ่งคุกคามที่หลากหลาย ซึ่งมักเกิดจากขาดการสัมภาษณ์ถึงข้อมูล profile ตัวบุคคล เช่น กะการทำงาน รายละเอียดของงานย่อยที่ทำ เป็นต้น

TIP! ตัวแปร “ระยะเวลา” ในการแบ่งกลุ่มคล้าย หมายถึง การทำงานเต็มกะ (กะละ 8 ชั่วโมงการทำงาน)

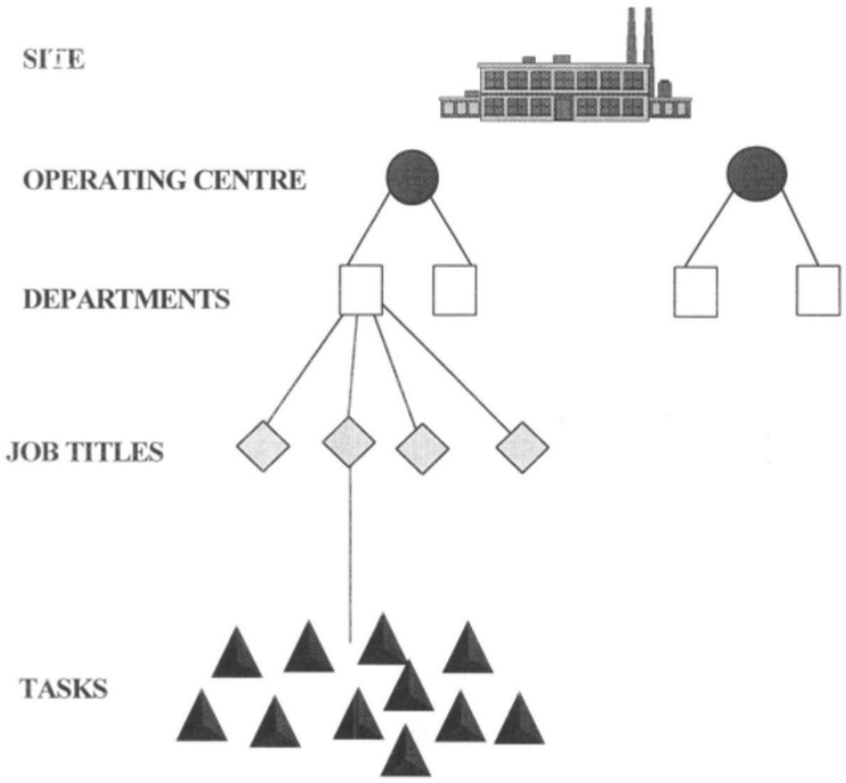
ตารางที่ 4.1 **แสดงจำนวนประชากรกลุ่มเสี่ยงที่เป็นตัวแทนใน homogeneous group นั้น ๆ โดย คาดว่ามีประชากรกลุ่มเสี่ยงอย่างน้อย 10% ได้รับการสุ่มที่ความเชื่อมั่น 0.90 (∞ = 0.1)**

จำนวนประชากร	8	9	10	11-12	13-14	15-17	18-20	21-24	25-29	30-37	38-49	50	∞
จำนวนตัวอย่าง	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	22

* หากจำนวนประชากรน้อยกว่า 7 ให้สุ่มทุกคน

ตัวอย่างการจัดกลุ่มคล้ายจากประวัติการทำงาน

การเกิดคติในการจัดกลุ่มคล้ายเกิดขึ้นได้จากการพิจารณาจากชื่องาน โดยเฉพาะงานเหล่านั้นประกอบด้วยหลากหลายลักษณะงานย่อย และมีระดับการได้รับสิ่งคุกคามที่แตกต่างกันไป ดังนั้น หากมีข้อมูลการสุ่มการเก็บตัวอย่างสารเคมี TLV-STEL ในแต่ละลักษณะงานย่อยก็จะสามารถช่วยลดอคติลงได้ โดยการจัดโครงสร้างของงานเป็นลำดับขั้น คือ สถานประกอบการ ฝ่าย แผนก งาน งานย่อย (ภาพที่ 4.7)



ภาพที่ 4.7 ลำดับการจำแนกกลุ่มคล้าย Benke G et., al (2000)

ตัวอย่างการวางแผนการเก็บข้อมูล JEM

ในการประเมินการสัมผัสด้านระบาดวิทยาอาชีวอนามัย ประกอบด้วย การตั้งหัวข้อ การวางแผน กระบวนการเก็บข้อมูล การประเมินระดับการสัมผัส การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ การแปรผล และรายงานผล โดยในการวางแผนเก็บข้อมูล JEM ต้องคำนึงถึง misclassification bias เสมอ

การวางแผน: เป็นกระบวนการทบทวนความรู้เกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาตอบวัตถุประสงค์ และพิจารณาเกณฑ์ในการคัดเข้า และคัดออกสำหรับการศึกษา เช่น จำนวนประชากรที่สัมผัส ระดับการสัมผัส คุณภาพของข้อมูล ช่วงระยะเวลาตั้งแต่มีการสัมผัสในครั้งแรกและแนวโน้มปริมาณการสัมผัสในครั้งต่อ ๆ ไป และการควบคุมตัวแปรกวน เป็นต้น ตลอดจนข้อมูลการตัดสินใจจากผู้เชี่ยวชาญ (professional adjustment) ดังนั้นขั้นตอนการวางแผนจึงเป็นพื้นฐานสำคัญของความสำเร็จหรือล้มเหลวของการศึกษา

การวางเป้า: การประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของความสัมพันธ์ระหว่างโรคและการสัมผัสสิ่งคุกคาม หรือการศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสและการตอบสนอง (exposure-response) หรือ ความสัมพันธ์ระหว่างโรคและปัจจัยก่อโรค (the determinant) เป็นต้น

การประเมินการสัมผัส: ในการเก็บข้อมูลสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ ชนิดของสิ่งคุกคามที่สัมผัส การสัมผัสมีมากกว่า 1 ชนิดของสิ่งคุกคามหรือไม่ คุณสมบัติทางกายภาพของสิ่งคุกคาม ช่องทางการรับสัมผัส ระดับการสัมผัสเฉลี่ย (รายวัน รายปี และ peak) จำนวนปีของการสัมผัสย้อยหลัง (ที่สามารถก่อให้เกิดโรค)

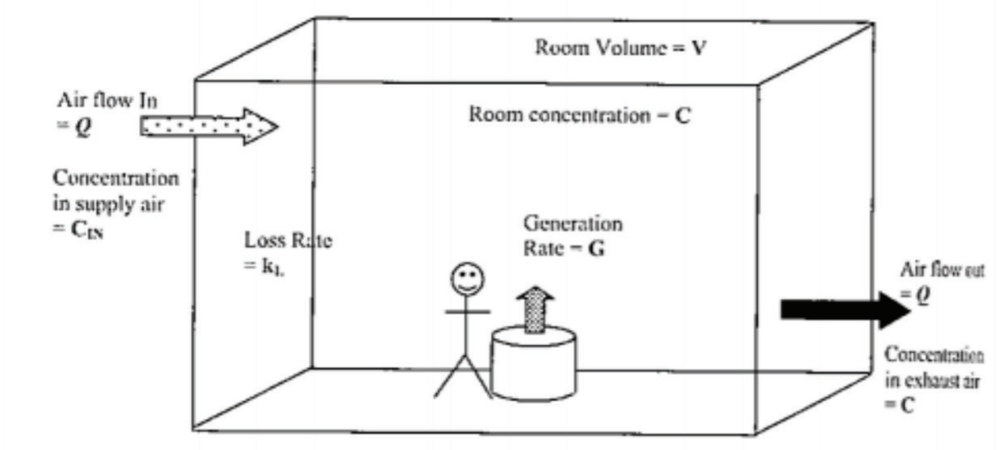
ความสัมพันธ์ของข้อมูล: ในการเก็บข้อมูลต้องคำนึงถึง ความเสี่ยงสัมพัทธ์ (relative risk) เช่น ความเสี่ยงสหสัมพัทธ์ของการสัมผัสสิ่งคุกคามและการก่อโรค เป็นต้น ตัวแปรร่วม (covariates) ได้แก่ effect modifiers (unmodified or modified) และ ตัวแปรกวน (confounder: unconfounded) เช่น ประวัติการสัมผัสจากการประกอบอาชีพและที่ไม่ได้เกิดจากการประกอบอาชีพ เป็นต้น

การตรวจวัดทางชีวภาพ: การเก็บข้อมูลจากการตรวจวัดสารบ่งชี้ทางชีวภาพ จะสามารถบอก internal dose และเป็นตัวแทนการสัมผัสได้ เช่น การศึกษาการได้รับสัมผัสฝุ่นดีเซลจากการเผาไหม้ในผู้ที่สูบบุหรี่ และผู้ที่สัมผัสสารเคมีชนิดก๊าซและไอระเหยจะมีโอกาสสัมผัสความเข้มข้น peak จากปรากฏการณ์ความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนกับพลังงานกล (thermodynamic)

การจัดกลุ่มระดับการสัมผัสหรือกลุ่มคล้าย (SEG): สัมผัส ไม่สัมผัส ไม่ทราบ หรือ น้อย ปานกลาง สูง

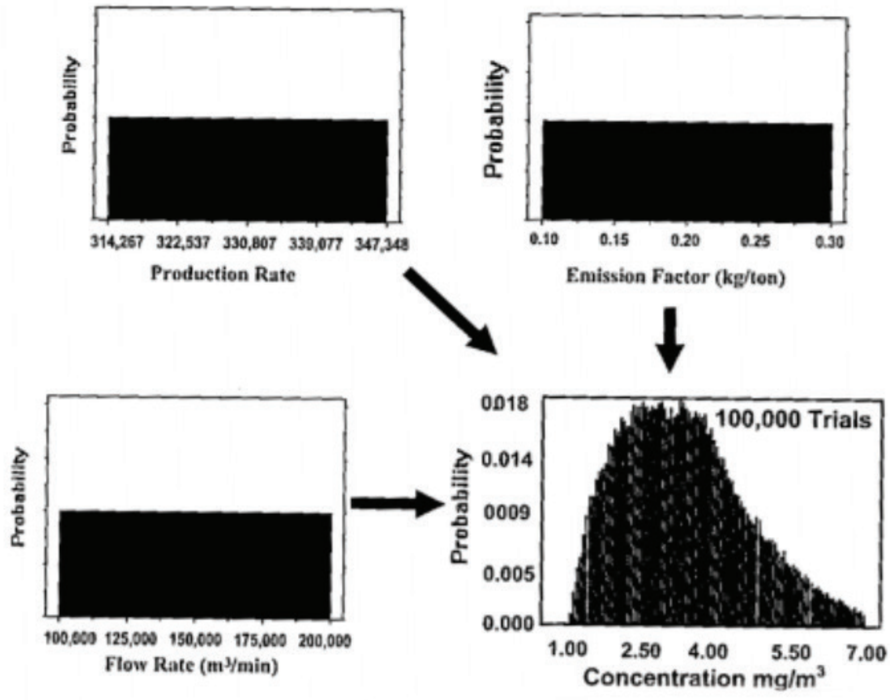
Exposure modeling

ในการประเมินการสัมผัสในสถานประกอบการมีตัวแปรที่สำคัญที่กำหนดระดับการสัมผัส คือแหล่งของมลพิษ การไหลหรือการเคลื่อนที่ของอากาศ และการสะสมในบรรยากาศการทำงาน นอกจากนี้อัตรากำลังการผลิตที่ไม่คงที่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับการสัมผัส และลดลงได้เมื่อมีระบบระบายอากาศที่ดี เช่น ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ ดังนั้นปริมาตรอากาศ (Q) ที่นำเข้ามาในระบบต้องเป็นอากาศที่สะอาด (CIN) เพื่อเจือจางระดับมลพิษและดึงมลพิษออกออกจากระบบ (C) ด้วยอัตราการไหลของอากาศที่คงที่ (Q) (ภาพที่ 4.8)



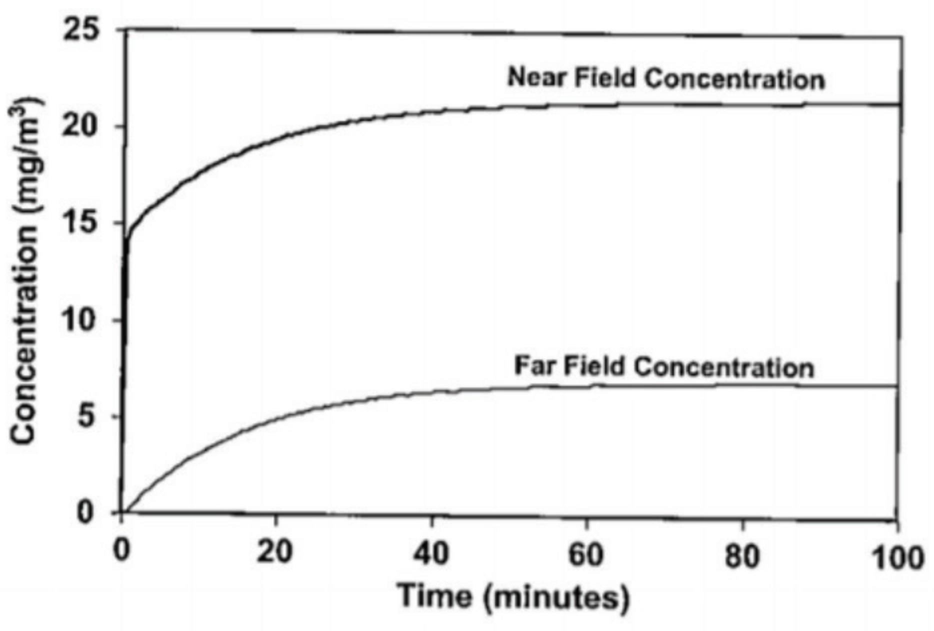
ภาพที่ 4.8 แบบจำลองการได้รับสัมผัสในห้องที่อากาศถูกผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

นอกจากระดับความเข้มข้นของสารเคมีจะแปรตาม กำลังผลิต อัตราการปลดปล่อย อัตราการไหลของอากาศแล้ว ระยะเวลาก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ระดับการสัมผัสที่พนักงานแต่ละคนจะได้รับสัมผัสเปลี่ยนไป เมื่อทำการเก็บข้อมูลในสภาพแวดล้อมการทำงานและวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Bayesian method จะพบว่าระดับความเข้มข้นของสิ่งคุกคามจะมีการกระจายข้อมูลชนิดเบ้ขวา (ภาพที่ 4.9)



ภาพที่ 4.9 แบบจำลองการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลระดับการสัมผัสด้วย Bayesian method

แม้จะมีการผสมของอากาศบริสุทธิ์และมลพิษอย่างดีเป็นเนื้อเดียวกันก่อนที่จะถูกดึงออกด้วยระบบกำจัดอากาศทิ้ง ระดับการสัมผัสของพนักงานแต่ละคนในพื้นที่สิ่งแวดล้อมการทำงานเดียวกัน มีโอกาสได้รับสัมผัสแตกต่างกันไป อธิบายด้วยโมเดลการสัมผัสของผู้ที่ทำงานใกล้แหล่งมลพิษจะเรียกว่า Near-field และพนักงานอื่น ๆ ที่ทำงานในจุดปฏิบัติงานถัดออกมาจากแหล่งมลพิษ เรียกว่า Far-field (ภาพที่ 4.10) ดังนั้นในการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนในการประเมินการสัมผัสพนักงานที่เสี่ยงที่สุด (worse case) ควรได้รับการสุ่มเลือก (ตารางที่ 4.1) ในแต่ละกลุ่มคล้าย



ภาพที่ 4.10 รูปแบบการจำลองการได้รับสัมผัส near-field และ far field

สรุปขั้นตอนการประยุกต์ใช้ในงานอนามัยสิ่งแวดล้อม (ซึ่งจะกล่าวในบทเครื่องมือในการประเมินการสัมผัสและการแปรผลด้านอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม ต่อไป)

1) การตระหนัก รวบรวมข้อมูล

2) การวางแผน กำหนดวัตถุประสงค์ โครงสร้างแบบสอบถาม

3) การบ่งชี้อันตราย โดยมุ่งเน้นช่องทางการรับสัมผัส ปริมาณการสัมผัสสะสมตลอดปี การตอบเสนอต่อการรับสัมผัส ประวัติการสัมผัสร่วมจากการประกอบอาชีพ เป็นต้น และแหล่งของมลพิษ

4) การประเมินการสัมผัส โดยการแบ่งกลุ่มคล้าย: จังหวัด อำเภอ ตำบล หมู่บ้าน หรือ ทิศทางลมและรัศมีจากแหล่งการได้รับสัมผัส หรือ ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินและบนดิน และการสุ่มตัวอย่างประชากร

5) การอธิบายความเสี่ยง สรุปผล โปร่งใส ชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

พรชัย สิทธิศรัณย์กุล, อดุลย์ บัณฑุกุล. 2019. สมรรถนะของแพทย์อาชีวเวชศาสตร์. Thammasat Medical Journal, Vol. 19 No. 1, January – March.

American Industrial Hygiene Association (AIHA). (2000) A Strategy for Occupational Exposure Assessment. AIHA; Ohio.

BENKE, G. SIM, M., FRITSCHI L., ALDRED, G. (2000) Beyond the Job Exposure Matrix (JEM): The Task Exposure Matrix (TEM). Ann. occup. Hyg., (44),(6)475-482.

Choi, B. (2020) Developing a Job Exposure Matrix of Work Organization Hazards in the United States: A Review on Methodological Issues and Research Protocol. Saf Health Work, (11), (4), 397-404.

Kauppinen T. (1994) Assessment of exposure in occupational epidemiology. Scand J Work Environ Health,(20), 19-29

Kauppinen T., Toikkanen J., Pukkala E. (1998) From Cross-Tabulations to Multipurpose Exposure Information Systems: A New Job-Exposure Matrix. AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE, (33),409–417.

Gurumurthy, R. (2005)Occupational Exposure Assessment of Air Contaminants. CRC Press: Taylor & Francis group. NewYork, United states.

Patricia, S., Mark. S. (2000) Exposure Assessment in the Occupational Setting. Applied Occupational and Environmental Hygiene, (15), (5), 435–444.

Waters, M., McKernan, L., Maier, A., Jayjock, M.Schaeffer, V. (2015). Lisa Brosseau Exposure Estimation and Interpretation of Occupational Risk: Enhanced Information for the Occupational Risk Manager. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, (12), S99–S111.

บทที่ 5

เครื่องมือในการประเมินการสัมผัส และการแปรผลด้านอาชีวอนามัย และอนามัยสิ่งแวดล้อม

บทที่ 5

เครื่องมือในการประเมินการสัมผัสและการแปรผลด้านอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม

โดย รศ.ดร. ฐิติวร ชูสง

บทนำ

การประเมินการสัมผัส (Exposure assessment) เป็นขั้นตอนหนึ่งของการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ (Health Risk assessment) ซึ่งเป็นเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ช่วยในการตอบคำถามทางด้านมลพิษสิ่งแวดล้อม มีวัตถุประสงค์เพื่อ พรรณนาความเป็นอันตราย เป็นพิษ หรือศักยภาพของสารเคมีต่อมนุษย์ พรรณนาผลกระทบและการปฏิบัติเป็นไปตามกฎหมาย พรรณนาความเข้าใจ รับรู้ถึงอันตรายของมลพิษทางสิ่งแวดล้อม และตลอดจนสามารถนำผลการศึกษาไปใช้ในการตัดสินใจในการแก้ปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม ดั้งนั้น ประโยชน์และการนำไปใช้ประโยชน์ของการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ ได้แก่ การดำเนินงานทางด้านนโยบาย กฎหมาย ค่ามาตรฐานต่าง ๆ เช่น ค่ามาตรฐานน้ำดื่ม และการวางแผนการกำจัดของเสียอันตราย เป็นต้น

โดย EPA ได้เสนอให้มี การวางแผนและกำหนดขอบเขตการศึกษา (Planning) และ 4 ขั้นตอนในการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ ประกอบด้วย 1) การชี้บ่งอันตราย (Hazard identification) 2) การประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการสัมผัสและผลกระทบต่อสุขภาพ (Dose-response assessment หรือ ในงานอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม ใช้คำว่า exposure-response assessment) 3) การประเมินการสัมผัส (Exposure assessment) และ 4) การอธิบายความเสี่ยง (Risk characterization)

ในการประเมินการสัมผัส จัดเป็นเครื่องมือหลักในการพรรณนาระกับการสัมผัสในทางอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม โดยในทางอาชีวอนามัย การประเมินการสัมผัสอยู่ในกระบวนการประเมิน (evaluation) ในขณะที่ด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ ถูกผนวกในหมวดการประเมินพิษวิทยาและการรับสัมผัส (Exposure and toxicity assessment) และ การประเมินการสัมผัส (Exposure assessment) ตามลำดับ ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ อนามัยสิ่งแวดล้อม และอาชีวอนามัย

ด้านสุขภาพ	อนามัยสิ่งแวดล้อม	อาชีวอนามัย
การวางแผนและกำหนดขอบเขต Planning and Scoping		หารคาดการณ์ (Anticipation)
การชี้บ่งอันตราย (Hazard Identification)	การชี้บ่งอันตราย (Hazard Identification)	การตระหนัก (Recognition)
- การประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการสัมผัสและผลกระทบต่อสุขภาพ (Dose-response Assessment and Exposure Assessment) - การอธิบายความเสี่ยง (Risk characterization)	- Exposure and toxicity assessment - Risk characterization	การประเมิน (Evaluation)
	การบริหารความเสี่ยง (Risk Management)	การควบคุม (Control)
	การสื่อสารความเสี่ยง (Risk Communication)	การสื่อสารอันตรายและความเสี่ยง (Hazard Communication)

การประเมินการสัมผัสทางอากาศและการเก็บตัวอย่างอากาศ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงเครื่องมือที่ใช้ในงาน Indoor/outdoor

การเก็บตัวอย่างอากาศ

การเก็บตัวอย่างอากาศแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ เทคนิคการเก็บแบบสุ่ม (Grab Sampling) ซึ่งการเก็บด้วยเทคนิคนี้จะใช้เวลาประมาณ 5 นาที หรือน้อยกว่า ซึ่งเหมาะสำหรับประเมินค่า Ceiling และ เทคนิคการเก็บตัวอย่างแบบต่อเนื่อง (Integrated sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างตลอด 8 ชั่วโมงการทำงานหรือเก็บ 15 นาที เพื่อประเมินระดับการสัมผัสเป็นช่วง ๆ ในระหว่างการทำงาน เนื่องจากแต่ละช่วงเวลาการทำงานอาจมีความเข้มข้นของมลพิษแตกต่างกันไป ค่าที่ตรวจวัดได้ในแต่ละช่วงจะนำมาคำนวณรวมกันอีกครั้งหนึ่ง

1) เครื่องมือในการเก็บตัวอย่างอากาศ

เครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ได้แก่ direct reading instrument และ sample collection device

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศชนิดอ่านค่าโดยตรง สามารถแบ่งออกเป็น เก็บตัวอย่างสำหรับก๊าซ ไอ และอนุภาค สำหรับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศอีกประเภท จะต้องประกอบไปด้วย ทางเข้าอากาศ ตัวเก็บอากาศ อุปกรณ์บอกอัตราการไหลของอากาศ อุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลของอากาศ และปั๊มดูดอากาศ รวมเรียกว่าชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ ซึ่งในการเก็บตัวอย่างก๊าซและไอต้องคำนึงถึงอุณหภูมิและความดันบรรยากาศด้วย

1.1) เครื่องมือสำหรับตัวอย่างอากาศด้วยเทคนิค Grab sampling

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศชนิดอ่านค่าได้ทันที นิยมสำหรับเทคนิคการเก็บตัวอย่างแบบ Grab sampling หรือการใช้อุปกรณ์ชนิด evacuated container (flasks), stainless steel canisters, gas or liquid displacement containers, flexible plastic containers, ถุงเก็บตัวอย่างอากาศ (air sampling bag) และไซริง ซึ่งจะต้องทราบปริมาตรอากาศที่ดึงอากาศเข้าไป แล้วส่งวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการต่อไป

ข้อดี : มีค่าใช้จ่ายถูก สะดวกในการใช้งาน

ข้อเสีย : ไม่สามารถเก็บก๊าซบางชนิดได้ เช่น Hydrogen sulfide, nitrogen oxide, และ sulfur dioxide เนื่องจากสามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกับสาร อากาศ อนุภาคในบรรยากาศได้ดี และต้องทำการวิเคราะห์ทันที

การเก็บตัวอย่างชนิด grab sampling นำมาใช้ในกรณีประเมินความเข้มข้นของก๊าซหรือไอ ณ ช่วงเวลาหนึ่งๆ เท่านั้น เช่น เพื่อประเมินความเข้มข้นสูงสุด (นำมาเปรียบเทียบกับค่า TLV-C) นอกจากนี้สามารถใช้ในการประเมินสาร unknown ประเมินหาแหล่งมลพิษ ประเมินระดับความเข้มข้นเป็นช่วง ๆ ในกระบวนการผลิต ดังนั้นข้อดีของวิธีการนี้ คือ สามารถแปรผลได้ทันที(เมื่อใช้เครื่องมือชนิดอ่านค่าโดยตรง) ข้อเสีย คือ ไม่สามารถเป็นตัวแทนความเข้มข้นตลอดระยะเวลาการทำงาน เนื่องจากอัตราการเก็บตัวอย่างอากาศไม่คงที่ การเก็บตัวอย่างแบบ grab sampling หลายๆตัวอย่าง สามารถนำมาประเมินการสัมผัส 8 ชั่วโมงโดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติด้วย

1.2) เครื่องมือสำหรับตัวอย่างอากาศด้วยเทคนิค Integrate sampling

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างก๊าซและไอ แบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามคุณสมบัติของตัวกลางเก็บตัวอย่างคือ absorption (การซึมซับ) และ adsorption (การดูดซับ)

1.2.1) Absorption (การซึมซับ) เทคนิคนี้ก๊าซและไอระเหยจะถูกดึงเข้ามาผ่านตัว absorption liquid ซึ่งเป็นของเหลวที่มีคุณสมบัติในการทำละลาย ไม่ทำปฏิกิริยากับก๊าซหรือไอที่ถูกดึงเข้ามา เช่น น้ำกลั่น Girard T reagent ในการเก็บตัวอย่างอากาศจะต้องใช้ขวดแก้ว spiral absorption หรือ fritted bubbles โดยอากาศที่มีมลพิษถูกดึงเข้ามาผ่าน nuzzle แล้วจะถูกดักไว้ด้วย absorption liquid แต่ในบางครั้งประสิทธิภาพในการดักจับมีไม่ถึง 100 % ดังนั้นเทคนิคการเก็บอากาศโดยใช้ impinger 2 ตัวต่อแบบอนุกรม เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจวัด

1.2.2) Adsorption (การดูดซับ) เทคนิคนี้เหมาะสำหรับเก็บตัวอย่างที่ไม่สามารถละลายได้และไม่ทำปฏิกิริยาการตัวดูดซับ ซึ่งจะถูกบรรจุอยู่ในหลอดแก้ว เรียกว่า solid sorbent ทำหน้าที่ดูดซับ/ดักจับสารที่ต้องการไว้บริเวณพื้นผิว สามารถดูดซับสารได้ในปริมาณมากโดยไม่เกิด pressure drop และมีความจำเพาะในการดูดซับสารที่ต้องการได้ถึงแม้จะมีสารอื่น ๆ อยู่ในปริมาณมากก็ตาม ตัวดูดซับจะเป็นเม็ดเล็ก ๆ เช่น activated charcoal และ silica gel เป็นต้น ซึ่งก๊าซหรือไอระเหยที่ต้องการเก็บตัวอย่างจะคงสภาพเดิมทั้งทางกายภาพและเคมี ยกเว้นการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาอนุพันธ์ของสาร หลอด Activated charcoal นิยมใช้อย่างแพร่หลาย ทำจาก coconut shell เนื่องจากมีพื้นที่ดูดซับมากและไม่มีขั้วไฟฟ้า มีขนาดมาตรฐานยาว 7 เซนติเมตร กว้าง 4 มิลลิเมตร ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของ solid sorbent ในการเก็บตัวอย่าง คือ

- อุณหภูมิ เนื่องจากกระบวนการดูดซับใช้กลวิธี exothermic ประสิทธิภาพจะถูกกำกัดเมื่ออุณหภูมิเพิ่มมากขึ้น (เกิดการ reactivity)
- ความชื้น ไอน้ำจะถูกดูดซับได้ด้วย sorbent ทำให้ความสามารถในการดูดซับลดลง เช่น charcoal tube
- อัตราการเก็บตัวอย่างอากาศ หากมีอัตราการเก็บตัวอย่างสูงเท่าไหร่จะทำให้ประสิทธิภาพของ sorbent ลดลงเท่านั้น หากมีความชื้นสูงควรลดอัตราการไหลของอากาศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บตัวอย่างอากาศ
- สารปนเปื้อนชนิดอื่น ๆ หากมีสารเคมีชนิดอื่น ๆ ในบรรยากาศจะทำให้ประสิทธิภาพการเก็บตัวอย่างอากาศลดลง โดยเฉพาะสารที่มี family เดียวกัน สารเคมีบาง class สามารถแทนที่สารอื่นได้
- การเกิด breakthrough การออกแบบหลอด เก็บตัวอย่างอากาศทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยมี wool หรือ โฟม ในหลอด charcoal จะทำส่วนหลังไว้ 1 ใน 3 ของน้ำหนักทั้งหมด ในการวิเคราะห์ส่วนหลัง หากมีความเข้มข้นของสารน้อยกว่าหรือเท่ากับ 25% ของส่วนหน้า ถือว่ายังไม่เกิดการ breakthrough ในบางกรณีหากมีการแสดงการ false ขึ้นมานั่นแสดงว่าเกิดการ breakthrough เช่นกัน เนื่องจากมีการแพร่ของสารจากส่วนหน้าไปยังส่วนหลัง ในกรณีนี้ควรนำหลอดเก็บตัวอย่างอากาศแช่แข็งทันที หรือแยกส่วนหน้าและส่วนหลังออกจากกัน หรือใช้การเก็บตัวอย่างอากาศแบบ series

ชนิดของหลอด solid sorbent สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภทดังนี้

(1) Inorganic sorbent ประกอบด้วย ซิลิกา อะลูมินา ใช้สำหรับการเก็บตัวอย่างประเภท polar organic compound เช่น แอลกอฮอล์ เอมีน ฟีนอล เป็นต้น

(2) องค์ประกอบคาร์บอน เหมาะสำหรับการเก็บไอสารเคมีชนิดอินทรีย์ charcoal สามารถทำจาก เปลือกกะลามะพร้าว ถ่านโคก ไม้ ถ่านหินเลน ปิโตรเลียม

(3) กราไฟท์ คาร์บอน เช่น Anasorb GCB1 และ Carotrap มีพื้นที่หน้าตัดน้อยถึงปานกลาง แต่เหมาะสำหรับสารมีอัตราการกลายเป็นไอสูง

(4) organic polymer ได้แก่ Tenax, Porapaks, Chromosorbs และ Amberlite XAD resins โดย Tenax จะเป็น โพลีเมอร์ ของ 2,6 diphenyl-p-phenylene oxide เหมาะสำหรับเก็บตัวอย่างอากาศที่ความเข้มข้นต่ำ สามารถเก็บสารจำพวก organic compound, particularly volatile, nonpolar organic ซึ่งมีจุดเดือดระหว่าง 80-200 °C และสามารถเก็บวัตถุระบิดได้ เช่น trinitrotoluene (TNT) และ dinitrotoluene (DNT) เป็นต้น

2) การเก็บตัวอย่างอากาศด้วยวิธี Active sampler

การเก็บตัวอย่างอากาศตาม NIOSH เกือบทั้งหมดด้วยวิธี Integrate sampling เรียกว่า Active sampling โดยในกระบวนการเก็บตัวอย่างอากาศจะต้องมีการดึงอากาศเข้ามาด้วยเครื่องกล คือ ปั๊มดูดอากาศ เพื่อให้อากาศที่มีมลพิษเข้ามาผสมหรือถูกจับไว้ด้วย sorbent tube, impinger ซึ่งมีตัวกลางบรรจุอยู่ และtreated filter

ปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศ (air sampling pump)

ปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศ ทำหน้าที่ดึงอากาศปริมาตรที่คงที่เข้ามา โดยมีอัตราการไหลอากาศคงที่เปลี่ยนแปลงได้ ± 5% ใช้แบตเตอรี่ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา (น้อยกว่า 2 ปอนด์) สามารถพกพาที่ตัวบุคคลและเก็บตัวอย่างแบบพื้นที่ได้ ปั๊มที่ดีควรเดินเครื่องได้นานติดต่อกันอย่างน้อย 8 โดยทั่วไปปั๊มแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่

(1) personal sampler แบบใช้แบตเตอรี่
(2) low-volume area sampler แบบใช้แบตเตอรี่
(3) low-volume area sampler แบบพกพา
(4) medium and high-volume sampler แบบใช้แบตเตอรี่
(5) high volume sampler ชนิดมีวัสดุกำบัง

ข้อดีและข้อเสียการเก็บตัวอย่างอากาศชนิด Active sampling

ข้อดี: การเก็บตัวอย่างอากาศด้วยวิธีนี้ NIOSH และ OSHA เป็นผู้รับรองและตีพิมพ์เผยแพร่ สามารถนำระดับความเข้มข้นที่ได้มาใช้ในการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในการทำงาน มีการปรับเทียบมาตรฐานของอัตราการไหลอากาศ

ข้อเสีย: การเตรียมอุปกรณ์ค่อนข้างยุ่งยากและขัดขวางการทำงาน การปรับเทียบมาตรฐานจะต้องใช้เวลาและผู้ปรับเทียบต้องมีความรู้ ความเที่ยงของปั๊มจะลดลงตามอายุการใช้งานต้องมีการปรับเทียบเป็นระยะ ๆ

3) การเก็บตัวอย่างอากาศด้วยวิธี Passive sampler

การเก็บตัวอย่างอากาศชนิดนี้ จะใช้หลักการแพร่ โดย Palmes และ Gunnison เป็นผู้ริเริ่มประมาณ ค.ศ. 1973 สามารถเก็บตัวอย่างอากาศได้ทั้งก๊าซและไอ โดยให้อากาศไหลผ่านเมมเบรนความสัมพันธ์อัตราการเคลื่อนที่ของมวลสาร (Fick's first law)

$$W = D\,(A/L)\,(C1-C0)$$

โดย W = mass transfer rate, ng/sec

D = diffusion coefficient, cm^2/sec

A = cross-sectional area of diffusion path, cm^2

L = length of diffusion path, cm

C1 = ambient concentration of contamination, ng/cm^3

C0 = concentration of contamination at collection surface, ng/m^3

ชนิดของ passive samplers มีแตกต่างกันไป โดยทั่วไปภายในจะนิยมใช้ผงถ่านคาร์บอน ซึ่งสามารถเก็บสารได้หลายชนิด หรือใช้สารจำพวก solid sorbents หรือกระดาษกรองนำมาทำให้ชุ่มด้วยสารที่จำเพาะกับสารที่ต้องการเก็บตัวอย่าง ข้อดีของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศชนิดนี้ คือ ใช้งานสะดวก ผู้ทำหน้าที่เก็บตัวอย่างไม่จำเป็นต้องมีทักษะสูง มีราคาถูกกว่าการเก็บตัวอย่างอากาศชนิด active sampler (รวมค่าวัสดุและอุปกรณ์ทั้งหมด) ไม่ขัดขวางการทำงานของพนักงาน อุณหภูมิและความดันจะไม่มีผลกระทบต่อการเก็บตัวอย่างอากาศ ค่าความคลาดเคลื่อนของความเข้มข้นของสารที่เก็บได้ไม่มีความแตกต่างกับการเก็บตัวอย่างแบบ active sampling โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ±5% ข้อควรพิจารณาการเก็บตัวอย่างโดยใช้ passive sampler คือยังไม่มีการรับรองโดย OSHA หรือ NIOSH เกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของข้อมูลความเข้มข้นของสารที่เก็บตัวอย่างอากาศได้ อัตราการไหลของอากาศ (ตามทฤษฎีมาจากการคำนวณนั้น) ไม่สามารถมีการคำนวณได้ในการเก็บตัวอย่างอากาศจริงในพื้นที่ การไหลย้อนกลับถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้สารเคมีที่สนใจมีหลงเหลืออยู่ใน sorbent ซับน้อย การไหลย้อนกลับเกิดเมื่ออากาศในพื้นที่มี transient peaks of vapor โดยจะเกิด concentration drop ของโมเลกุลของสารเคมีที่จะเข้าไปจับกับตัว sorbent เนื่องจากต้องใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไปยัง sorbent ซึ่งควรระวังใน tube-type diffusive sampler มากกว่า badge-types samplers.

ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ถือเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่ง เช่น ความเร็วลมมากว่า 25 ฟุต/นาที การเก็บตัวอย่างอากาศจะไม่ได้ผล ระยะของการแพร่ก็เช่นกัน (L) หากมีความห่างมากเกินไป จะเกิด lack of fresh of contaminant molecule ทำให้ค่าที่ได้ต่ำกว่าความเป็นจริง และจะได้ค่าที่มากกว่าความเป็นจริงหากอากาศมีการไหลแบบผันผวนบริเวณหน้าพื้นที่ของ sorbent

ข้อกำจัดในการเก็บตัวอย่างอากาศ

ในการเก็บตัวอย่างอากาศต้องคำนึงถึงตัวแปรดังต่อไปนี้ sampler capacity (W_{max}) โดยทั่วไปค่า W_{max} จะประมาณจากการปริมาณสารปนเปื้อนที่เก็บได้โดยไม่มีการสูญหายหรือเก็บได้มากเกิน (overload) , limit of detection (LOD) คือ ปริมาณสารที่สามารถวิเคราะห์ได้ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 3SD ของ media blank, limit of quantitation (LOQ) คือ สารที่สามารถวิเคราะห์ได้ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 10SD ของ media blanks ซึ่งใช้ในการหาค่าความไม่แน่นอนในการตรวจวัด (uncertainty) ที่ 30% ของ 99%CI และ upper measurement limit (W_u) มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ตัวอย่าง หากค่าที่วัดได้มีค่ามากกว่าค่าที่กำหนดไว้ ควรจะมีการวิเคราะห์ใหม่หรือละลายสารใหม่

ในการเก็บตัวอย่างอากาศก๊าซและไอ ค่า W_{max} จะมีค่า 2 ใน 3 ของการเกิด breakthrough ซึ่งมีปริมาณประมาณ 67% Breakthrough volume คือ อากาศที่มีสารปนเปื้อนปริมาตรเป็น 2 เท่าของค่า PEL ในการเก็บตัวอย่าง ณ อัตราการไหลที่แนะนำ ก่อนที่ประสิทธิภาพของตัวเก็บจะลดลง 95%

ปริมาตรอากาศน้อยที่สุด

$$V_{min}\,(L) = \frac{W_{min}\,(mg) \times 10^3\,(L/m^3)}{C_t\,(mg/m^3)}$$

ปริมาตรอากาศมากที่สุด

$$V_{max}\,(L) = \frac{W_{max}\,(mg) \times 10^3\,(L/m^3)}{C_t\,(mg/m^3)}$$

C_t เป็นค่าประมาณความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศที่ต้องการตรวจวัด โดยได้มาจากการเก็บตัวอย่างอากาศครั้งที่ผ่านมา หรือ จากการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือชนิดอ่านค่าโดยตรง หรือจากการประมาณค่าโดยผู้เชี่ยวชาญ

เช่น การเก็บตัวอย่าง acetaldehyde ตาม NIOSH method 3507 ความเข้มข้นที่ควรเก็บได้คือ 2-20 mg/ตัวอย่าง ค่าความเข้มข้นที่ควรเก็บได้ 200 ppm (360.2 mg/m^3) ต้องเก็บตัวอย่างอากาศอย่างน้อยกี่ลิตร

ปริมาตรอากาศที่น้อยที่สุด

$$V_{min}\,(L) = \frac{2(mg) \times 10^3\,(L/m^3)}{360.2\,(mg/m^3)} = 5.55 \text{ ลิตร}$$

ปริมาตรอากาศมากที่สุด

$$V_{max}\,(L) = \frac{20(mg) \times 10^3\,(L/m^3)}{360.2\,(mg/m^3)} = 55.52 \text{ ลิตร}$$

การคำนวณปริมาตรอากาศสูงสุดมีความจำเป็นในการป้องกันการเกิด breakthrough

ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างอากาศ

$$\text{ระยะเวลา (min)} = \frac{\text{ปริมาตรอากาศที่น้อยที่สุด (ลิตร)}}{\text{อัตราการไหลของอากาศ (ลิตร/นาที)}}$$

อัตราการไหลของอากาศในการเก็บตัวอย่าง acetaldehyde ตาม NIOSH method 3507 กำหนดไว้ที่ 0.1 ลิตรต่อนาที ดังนั้น

$$\text{ระยะเวลา (min)} = \frac{5.55 \text{ (ลิตร)}}{0.1 \text{ (ลิตร/นาที)}} = 56 \text{ นาที}$$

สรุป การเก็บตัวอย่าง acetaldehyde ตาม NIOSH method 3507 ที่ 0.1 ลิตรต่อนาที ใช้เวลาในการเก็บไม่ควรเกิน 56 นาทีเพื่อป้องกันการเกิด breakthrough

4) การเก็บตัวอย่างอากาศชนิดอนุภาค

หลักการและชนิดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอนุภาค

4.1) การถ่ายภาพหรือการมอง

Ringelmann chart เป็นการประเมินความทึบของควันที่ระบายออกมาจากปล่องควันโรงงานอุตสาหกรรม โดยความทึบของแสงควันจะแปรผันตามความเข้มข้นของฝุ่น นิยมใช้สำหรับการตรวจวัดปล่องควัน ซึ่งปัจจุบันมีความนิยมลดลง

Light-scattering photometer เป็นเครื่องมือที่ตรวจวัดอนุภาคจากการที่แสงกระจายออกจากอนุภาคไปยังตัว sensor ซึ่งวางอยู่ในแนวระดับ ดังนั้นแสงที่กระจายออกจากอนุภาคจะแสดงถึงปริมาณของอนุภาค

4.2) การชน/ตกกระแทก

The konimeter เป็นเครื่องมือชนิด single stage impactor ประกอบด้วย chamber ที่มีแผ่น slide ซึ่งเคลือบด้วยสารเหนียวอยู่ภายใน หลักการของเครื่องมือ คือ อากาศจะถูกดึงเข้ามาทาง orifice ด้วยความเร็วสูงแล้วกระทบกับแผ่น slide ทำให้อนุภาคติดอยู่ จากนั้นนำแผ่น slide ไปนับจำนวนอนุภาคด้วยกล้อง microscope ใช้กำลังขยาย 150 เท่าบนพื้นที่มืด ดังนั้นวิธีการนี้จึงไม่เหมาะกับการเก็บฝุ่นที่มีความเข้มข้นสูง

Cascade and Andersen impactor เป็นอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศที่เป็นอนุภาค โดยใช้หลักการชนกระแทกอากาศจะถูกดึงเข้ามาในความเร็วสูง อากาศที่ดึงเข้ามาจะกระแทกกับผิวของแข็งและเกิดการเบี่ยงเบนทิศทางการเคลื่อนที่เนื่องจากอนุภาคมีความเฉื่อย จึงสะสมอยู่บนผิวของแข็งสามารถเก็บตัวอย่างได้ทั้งที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

4.3) การเร่งให้ตกตะกอน

ใช้อุณหภูมิ โดยใช้อนุภาคผ่านเข้ามาในบริเวณที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน เมื่อผ่านบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง อนุภาคจะได้รับพลังงานและเคลื่อนที่เร็วขึ้น

ใช้ไฟฟ้าสถิตย์ โดยจะทำให้อนุภาคมีประจุไฟฟ้า แล้วดึงอากาศที่มีอนุภาคเข้าสู่ plate ซึ่งมีขั้วไฟฟ้าต่างกัน

4.4) การกรอง

ใช้หลักการสะสมของอนุภาคบนกระดาษกรอง กระดาษกรองที่ใช้ ได้แก่ cellulose filter, glass fiber, mixed cellulose, membrane filter การเลือกใช้กระดาษกรอง ขึ้นอยู่กับชนิดของอนุภาคที่ต้องการตรวจวัด (ตาม NIOSH Method)

5) กระดาษกรองสำหรับเก็บตัวอย่างอนุภาค

อนุภาคฝุ่นที่ลอยอยู่ในอากาศมีหลากหลายชนิด อาจอยู่ในรูปของแข็ง หรือของเหลว ก็ได้ ฝุ่น ฟูม ควัน และเส้นใยอยู่ในรูปของแข็ง ส่วนละอองไอและหมอก จะอยู่ในรูปของเหลว ซึ่งมีขนาดแตกต่างกันไป

กระดาษกรอง

เป็นอุปกรณ์อย่างง่ายในการเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่น ซึ่งมีหลายชนิด เช่น glass fiber (GF) mixed cellulose ester fiber (MCE) และ polyvinyl chloride (PVC) การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของกระดาษกรองชนิดนั้นๆ และความสามารถในการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการ เช่น MCE เหมาะสำหรับใช้เก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นโลหะ และ PVC เหมาะสำหรับฝุ่นทั่วไป เป็นต้น ในการเก็บตัวอย่างอากาศใช้กระดาษกรองควบคู่กับ ตลับกระดาษกรอง (filter cassette) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25, 37 mm โดยมีกระดาษเซลลูโลสรอง (support pad) ในขณะเก็บตัวอย่างอากาศฝุ่นโดยทั่วไป จะเรียกว่า closed face โดยในการเก็บตัวอย่างอากาศจะทำการเปิดเฉพาะหัวจุกหัวและท้ายของตลับกระดาษกรองออก เท่านั้น แต่สำหรับการเก็บเส้นใยแอสเบสตอส นั้น จะใช้กระดาษกรองชนิดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 mm และตลับกระดาษกรอง ชนิดเปิดฝาหน้า (open face) หากต้องการเก็บฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จะต้องประกอบ cyclone ซึ่งทำหน้าที่คัดขนาดของอนุภาค

ตารางที่ 5.2 ตัวอย่างการเลือกใช้กระดาษกรอง

สารเคมี	Method #	กระดาษกรอง	วิธีวิเคราะห์
Copper	7029	MCE	AA (flame)
Carbon back	5000	PVC	Gravimetric
Mineral oil mist	5026	PVC, MCE or GF	Infrared Spectrophotometry
Welding fumes	7200	MCE	X-ray fluorescence
Arsenic trioxide as AS	7901	Na_2CO_3, impregnated MCE	Atomic absorption, graphite furnace
(2,4-dichlorophenoxy acetic acid	5001	GF	High-pressure liquid chromatography

6) การเก็บตัวอย่างอากาศด้วยเครื่อง high volume sampler ($PM_{2.5}$, PM_{10} และ Total suspended particulate)

ฝุ่นละอองในอากาศ คือ กลุ่มของมลสารอนุภาคเล็ก ๆ อาจเป็นของแข็งหรือของเหลวที่กระจัดกระจายอยู่ในบรรยากาศ ขนาดของอนุภาคเหล่านี้ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่น้อยกว่า 1 ไมโครเมตร (10^{-6} เมตร) จนถึงหลายๆ ร้อยไมโครเมตร กลุ่มอนุภาคเหล่านี้มีองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางฟิสิกส์แตกต่างกันออกไป ขนาดของอนุภาคที่มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ คือขนาดตั้งแต่ 0.01 ถึง 5-10 ไมโครเมตร ฝุ่นละอองขนาดนี้จะแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นานกว่าฝุ่นขนาดใหญ่กว่า และยังทำให้อากาศมืดมัวและมีผลต่อปฏิกิริยาทางเคมีในบรรยากาศ โดยมีหลักการ ดังนี้

วิธีที่ใช้คือ Gravimetric high volume method เป็นวิธีที่ใช้หาความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศ โดยอากาศจำนวนหนึ่งที่ทราบปริมาตรแน่นอนถูกดูดผ่านกระดาษกรอง ชนิด glass micro fiber filter ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว ชั่งหาน้ำหนักกระดาษกรองภายหลังจากการผ่านการดูดอากาศดังกล่าว ภายใต้การควบคุม ผลต่างของน้ำหนักกระดาษกรองทั้ง 2 ครั้ง จะเป็นน้ำหนักของฝุ่นละอองในปริมาตรของอากาศที่ถูกดูด วิธีนี้เหมาะสำหรับการเก็บตัวอย่างปริมาณมาก และยังสามารถใช้หาสารปนเปื้อนอื่น ๆ เช่น พวกโลหะหนักต่าง ๆ ด้วย แต่มีข้อเสียคือ ต้องคอยเปลี่ยน filter ตามกำหนดเวลา และการชั่งหาน้ำหนักของกระดาษกรอง ซึ่งความชื้นมีผลเป็นอย่างมาก

นอกจากนี้ในการตรวจวัดปริมาณก๊าซ ไอ และ aerosol การตรวจวัดอาจกระทำได้ทั้งแบบเหมือนเวลาจริง (Real-time monitoring) แบบต่อเนื่อง และใกล้เคียงเวลาการสัมผัสความเข้มข้นของสารจริง เครื่องมืออ่านค่าโดยตรงสามารถเก็บและวิเคราะห์ด้วยตัวเองในระยะเวลาอันสั้น การนำเสนอผลการวิเคราะห์อาจอยู่ในรูปแบบ dialog ตัวเลข กราฟ และการเปลี่ยนสีโดยเทียบกับ calibration scale

เครื่องมืออ่านค่าโดยตรงโดยทั่วไปจะมีการออกแบบให้มีความสามารถในการวิเคราะห์มลพิษได้เพียง 1 ชนิด หรือตั้งแต่ 2 ชนิดไปจนถึง 200 ชนิด และสามารถบันทึกข้อมูลเป็นระบบได้ จึงทำให้ขนาดของเครื่องมือจึงมีตั้งแต่ขนาดเล็กแบบพกพา (มือถือ) จนไปถึงขนาดที่มีความซับซ้อน บางชนิดอาจกระทำได้ทั้งแบบเหมือนเวลาจริง (Real-time monitoring) และใกล้เคียงเวลาการสัมผัสความเข้มข้นของสารจริง เนื่องจากเครื่องมืออ่านค่าโดยตรงสามารถเก็บ และวิเคราะห์ปริมาณมลพิษด้วยตัวเองในระยะเวลาอันสั้น และนำเสนอผลการวิเคราะห์อาจอยู่ในรูปแบบตัวเลขหรือกราฟก็ได้ อย่างไรก็ตามเครื่องมือควรมีน้ำหนักเบา พกพาได้ ทนต่ออุณหภูมิและสภาพอากาศ

เครื่องมือชนิดอ่านค่าโดยตรงสามารถแบ่งออกได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

(1) ชนิดติดตั้ง ณ ตัวบุคคล ซึ่งจะมีขนาดเล็กและน้ำหนักไม่เกิน 500 กรัม

(2) ชนิดเคลื่อนย้ายและพกพาได้ หมายถึง สามารถขนย้ายได้ด้วยบุคคลใดบุคคลหนึ่ง มีน้ำหนักประมาณ 12 กิโลกรัม หรือน้อยกว่า

(3) ชนิดขนย้ายได้ หมายถึง ต้องใช้บุคคลในการยกอย่างน้อย 2 คน หรือยกเพียงคนเดียวด้วยใช้รถเข็น จึงมีน้ำหนักประมาณ 13 - 25 กิโลกรัม และ

(4) ชนิดติดตั้งอยู่กับที่ ซึ่งจะต้องมีที่ตั้งเครื่องมือที่แน่นอนในการตรวจวัดและน้ำหนักของเครื่องประมาณ 25 กิโลกรัม

ตารางที่ 5.3 เครื่องมืออ่านค่าโดยตรงสำหรับ aerosol

เครื่องมือ	อัตราการไหลอากาศ	ขนาด aerosol	ความเข้มข้น
Light-scattering photometers	Passive to 100 L/min	0.1 to 20 μm	0.0001 μm/m^3 to 200 g/m^3
Light-scattering particle counters	0.12 L/min to 28 L/min	0.1 to 8000 m (up to 32,000 μm for drop size analyzers)	1 particle/L to 10^6 particles/cm^3
Condensation nucleus counters	0.003 L/min to 4.2 L/min	1.6 nm to 20 nm	0.1 to 10^6 particles/cm^3
Single particle aerosol relaxation time (SPART)	0.5 to 5 L/min	< 0.3 to 10 μm	-
Beta attenuation aerosol mass monitors	15 L/min	<10 μm	10 mg/m^3 max
Piezoelectric crystal microbalance	0.24 to 1 L/min	0.05 to 35 μm	100 g/m^3 to 2000 mg/m^3

ตารางที่ 5.3 **เครื่องมืออ่านค่าโดยตรงสำหรับ aerosol (ต่อ)**

เครื่องมือ	อัตราการไหลอากาศ	ขนาด aerosol	ความเข้มข้น
Tapered element oscillating microbalance (TEOM)	0.5 to 35 μm	-	5 μm/m^3 to 2000 mg/m^3
Fibrous aerosol monitor	2 L/min	0.2 μm to 200 μm	0.0001 to 30 fibers/cm^3

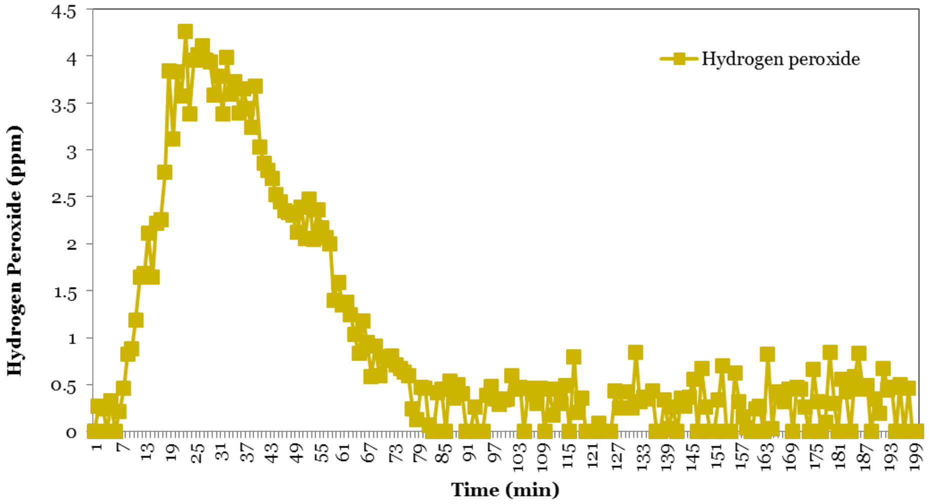
การแปรผลด้านอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม

การแปรผลในงานอาชีวอนามัย

มุ่งเน้นการปฏิบัติให้เป็นไปตามกฎหมายของกระทรวงแรงงาน ซึ่งมีการประกาศค่าขีดจำกัดการสัมผัสทางอาชีวอนามัย เพื่อป้องกันการได้รับสัมผัสของคนงานตลอดระยะเวลาการทำงาน คิดโดยรวมประมาณ 40 ปี (ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง สัปดาห์ละ 5 วัน)

"ค่าขีดจำกัดการสัมผัสทางอาชีวอนามัย (occupational exposure limit)"โดยจัดทำขึ้นจากหลายหน่วยงาน เช่น TLVs (Threshold limit value) ซึ่งจัดทำโดย ACGIH (the American Conference of Governmental Industrial Hygiene) และ PELs (Permissible exposure limits) จัดทำโดย OSHA (The Occupational Safety and Health) ในที่นี้จะขยายความเฉพาะค่า TLVs

Threshold limit value (TLVs) แบ่งออกเป็น 3 ค่าดังนี้ 1) Time-Weighted Average (TWA) หมายถึง ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยในการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน โดยไม่เกิน 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ 2) Short-Term Exposure Limit (STEL) ค่าในการสัมผัสจะต้องไม่เกิน 15 นาทีตลอดทุกช่วงเวลาการทำงาน โดยจะต้องมีค่าสูงไม่เกิน 4 ครั้งต่อวัน หรือสัมผัสอย่างต่อเนื่องไม่เกิน 60 นาที 3) Ceiling (C) เป็นค่าความเข้มข้นที่ไม่ควรเกินตลอดระยะเวลาการทำงานไม่ว่าจะเป็นเวลาใดก็ตาม หากไม่สามารถวัดค่า ceiling ได้ ให้วัดเป็นระยะเวลา 15 นาทีแทนเฉพาะสารเคมีที่ก่อให้เกิดการระคายเคืองทันที



ภาพที่ 5.1 ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในห้องล้างกลาง (ฐิติวร ชูสง, 2557)

จากภาพที่ 5.1 ค่าขีดจำกัดการสัมผัสทางอาชีวอนามัยของ Hydrogen Peroxide มีค่า TLV-TWA เท่ากับ 1 ppm และ TLV-STEL เท่ากับ 2 ppm (HSE, 2011) จากการตรวจวัดตลอด 8 ชั่วโมงการทำงาน (ตรวจวัดตลอด 200 นาทีแรกที่มีการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และอีก 280 นาทีที่เหลือไม่มีการใช้งาน) และนำมาคำนวณค่า TLV-TWA ได้เท่ากับได้เท่ากับ 0.98 ppm แต่อย่างไรก็ตามในนาทีที่ 10-65 มีค่าความเข้มข้นสูงกว่า STEL เกิน 15 นาที แต่ไม่ถึง 60 นาที จึงควรมีการเฝ้าระวังเพิ่มเติมในการทำงานในห้องล้างกลาง

การแปรผลในงานอนามัยสิ่งแวดล้อม

มุ่งเน้นการปฏิบัติให้เป็นไปตามกฎหมายของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีการประกาศค่ามาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะสั้น (1, 8 และ 24 ชม.) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยอย่างเฉียบพลัน (acute effect) และค่ามาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะยาว (1 เดือน และ 1 ปี) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบยาวหรือผลกระทบเรื้อรัง ที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพอนามัย (chronic effect)

ตัวอย่างการแปรผล

ตารางที่ 5.4 ค่าเฉลี่ยรายเดือน (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) คุณภาพอากาศในพื้นที่บริเวณ ตำบลหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ปี 2560

เดือน	PM_{10}	$PM_{2.5}$	CO	NO_2	SO_2	O_3
มกราคม	31.55	11.55	0.47	4.39	3.03	32.69
กุมภาพันธ์	36.77	12.89	0.40	3.4	2.37	34.22
มีนาคม	36.63	15.24	0.43	4.51	5.29	38.09
เมษายน	38.58	15.1	0.43	7.15	5.38	25.58
พฤษภาคม	41.65	17.06	0.59	9.34	3.61	36.98
มิถุนายน	44.95	18.14	0.61	9.40	4.13	30.34
กรกฎาคม	50.44	20.33	0.47	8.65	3.71	22.76
สิงหาคม	35.75	14.99	0.52	8.50	4.43	18.96
กันยายน	33.52	12.98	0.50	8.71	2.15	14.59
ตุลาคม	36.23	16.32	0.45	6.80	2.30	18.48
พฤศจิกายน	30.4	13.39	0.37	8.12	2.78	34.19
ธันวาคม	35.71	14.98	0.53	5.44	1.88	31.01
ค่าเฉลี่ย	37.68	15.25	0.48	7.03	3.42	28.16

หมายเหตุ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน 1 ปี ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน 1 ปี ไม่เกิน 0.025 มก./ลบ.ม.
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไม่มีค่ามาตรฐานสำหรับ 1 ปี
ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) 1 ปี ไม่เกิน 0.03 ppm. (0.057 มก./ลบ.ม.)
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) 1 ปี ไม่เกิน 0.04 ppm. (0.10 มก./ลบ.ม)
ก๊าซโอโซน (O_3) ไม่มีค่ามาตรฐานสำหรับ 1 ปี

ดังนั้น จากตารางที่ 5.4 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ย 1 ปี ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและ 2.5 ไมครอน ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2 และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มีค่าเป็นไปตามมาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตาม ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในเดือนกรกฎาคม 2560 มีค่าเฉลี่ยรายเดือนสูงกว่าปกติ ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ไฟไหม้ป่า ณ ประเทศอินโดนีเซีย

สรุปเครื่องมือในการประเมินการสัมผัสและการแปรผลด้านอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม

การในประเมินการสัมผัส ควรเลือกใช้เครื่องมือเป็นไปตามมาตรฐาน NIOSH และ EPA โดยในการประเมินสารเคมีแต่ละชนิดจะมีแนวปฏิบัติ (standard method) กำหนดไว้อย่างชัดเจน เมื่อดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์ผลทางห้องปฏิบัติการเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงนำค่าที่ได้มาเทียบกับค่าขีดจำกัดการสัมผัสทางอาชีวอนามัย หรือค่ามาตรฐานต่าง ๆ อย่างไรก็ตามควรเทียบกับค่ามาตรฐานที่ประกาศโดยกฎหมาย หรือกฎกระทรวงต่าง ๆ ภายในประเทศ เป็นอันดับแรก

เอกสารอ้างอิง

ฐิติวร ชูสง ใน เนสินี ไชยเอีย สุชาดา ภัยหลีกลี้. คู่มืออบรมการบริหารงานอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในสถานพยาบาลเพื่อการรับรองคุณภาพ (SHE-HA) รุ่นที่ 11. 2557. ขอนแก่น: โรงพิมพ์นานาวิทยา; หน้า 69

มลิวัลย์ ออฟูวงศ์ อรรัตน์ กาญจนวนิชกุล. (2553) ทศวรรษใหม่กับความปลอดภัยทางวิสัญญี (SAFETY AND UPDATE IN ANESTHESIA 2010).. ชานเมืองการพิมพ์; สงขลา.

ประสาน ตั้งยืนยงวัฒนา. (2534) เภสัชเคมีควบคุมคุณภาพ 2 สเปกโตรสโคปี. คณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์: สงขลา.

พรพิมล กองทิพย์. (2543) สุขศาสตร์อุตสาหกรรม. ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์นำอักษรการพิมพ์: กรุงเทพมหานคร.

อดิสร รัตนพันธ์. (2532) สเปกโทรโฟโตเมตรี กับการประยุกต์ทางเภสัชวิเคราะห์.. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; สงขลา.

American Governmental of Industrial Hygienist (ACGIH). (2011) Threshold Limit Values for chemical substance and physical agents and biological exposure indices. ACGIH; Cincinnati.

Barbara AP. (2005) Fundamentals of Industrial Hygiene. 4th edition. National Safety Council; Illinois.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2012) Components for evaluation of direct-reading monitors for gases and vapors.. Cincinnati; USA.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH Manual of Analytical Methods. Available online at http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).. Components for Evaluation of Direct-Reading Monitors for Gases and Vapors. DHHS (NIOSH) Publication No. 2012–162.

The Health and Safety Executive (HSE). EH40/2005 Workplace exposure limits. [monograph on the Internet]. England: HSE; 2011 [cited 2012 Aug 15]. Available online at http://www.hse.gov.uk/pUbns/priced/eh40.pdf

U.S. Environmental Protection Agency. (1999) Sampling of Ambient Air For Total Suspended Particulate Matter (SPM) And PM10 Using High Volume (HV) Sampler.

Yerington Mine Site. (2006) PM10 High Volume Air Sampling: Standard Operating Procedure.

บทที่ 6

การใช้ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarkers) ในการประเมินและเฝ้าระวังทางอนามัยสิ่งแวดล้อม

บทที่ 6

การใช้ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarkers) ในการประเมินและเฝ้าระวังทางอนามัยสิ่งแวดล้อม

โดย ดร.นายแพทย์ ธรรมสินธ์ อิงวิยะ

บทนำ

วิธีการในการประเมินปริมาณการสัมผัสสิ่งคุกคามทางสิ่งแวดล้อมหรือจากการทำงานทำได้หลายวิธี ได้แก่ การเก็บข้อมูลผ่านการสอบถามแหล่งและระยะเวลาที่สัมผัสกับแหล่งกำเนิดสิ่งคุกคาม เช่น ระยะเวลาที่อยู่อาศัยบริเวณโรงงานอุตสาหกรรม การสอบถามอาการที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการได้รับสิ่งคุกคาม หรือการตรวจร่างกายเพื่อประเมินอาการหรือความผิดปกติที่สัมพันธ์กับการได้รับสิ่งคุกคาม หรือการอนุมานปริมาณการสัมผัสจากการตรวจวิเคราะห์สารพิษในตัวอย่างหรือสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการตรวจและวัดปริมาณ ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarkers) จากร่างกาย

โดยทั่วไปแล้วเราไม่สามารถวัดปริมาณความเข้มข้นของสิ่งคุกคามที่ประชากรหรือคนงานแต่ละคนสัมผัสได้ในแต่ละวันอย่างละเอียด เนื่องจากสิ่งคุกคามหลายชนิดมักมีแหล่งกำเนิดหลายแหล่ง ยกตัวอย่าง เช่น ตะกั่ว (Lead) นอกจากการสัมผัสจากโรงงาน เช่น โรงงานแบตเตอรี่ แล้ว คนงานยังสามารถสัมผัสได้จากงานที่ทำที่บ้าน เช่น การรับซ่อมรถในช่วงเวลาเลิกเงิน หรือแม้กระทั่งอาจได้รับสัมผัสจากการปนเปื้อนจากอาหารหรือสีทาบ้าน เป็นต้น

ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarkers) จากร่างกายมักจะได้รับการยอมรับจากหลายหน่วยงานว่า เป็นดัชนีบ่งชี้ปริมาณการสัมผัส อาการผิดปกติเริ่มแรกก่อนเป็นโรค หรือแม้กระทั่งผลกระทบทางสุขภาพจากสิ่งคุกคาม ซึ่งดัชนีชี้วัดทางชีวภาพนั้นสามารถประเมินการสัมผัสจากหลายแหล่งกำเนิดได้ ในคนคนหนึ่ง

ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา สถาบันวิจัยแห่งชาติของประเทศอเมริกา (National Research Council: NRC) ได้มีการทบทวนบทบาทและหลักการใช้ประโยชน์ของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอย่างละเอียด โดยรายละเอียดมีดังนี้ การใช้ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพนั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านประชากรด้วย เช่น ปัจจัยทางด้านพฤติกรรม พันธุกรรม เป็นต้น ซึ่งอาจมีผลต่อหรือเป็นปัจจัยรบกวนการเปลี่ยนแปลงระดับและการแปลผลของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarkers) รวมทั้งต้องคำนึงถึง ตัวอย่างชีวภาพที่จะเก็บ วิธีการเก็บตัวอย่างชีวภาพ การขนส่ง การเก็บรักษา เช่น ต้องคงสภาพที่อุณหภูมิเท่าไหร่ วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง โอกาสเกิดความผิดพลาด การสื่อสารหรือบอกผลของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ เป็นต้น

ดังนั้น แม้ว่าดัชนีชี้วัดทางชีวภาพจะเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีสำหรับสารบางชนิด ในบางสถานการณ์การสัมผัส การนำดัชนีชี้วัดทางชีวภาพมาใช้ในงานของอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อมนั้น จำเป็นจะต้องมีความเข้าใจถึงหลักการที่จำเป็นต้องคำนึงถึง เพื่อประโยชน์สูงสุดและลดโอกาสการเกิดความผิดพลาดจากการแปลผลดัชนีชี้วัดทางชีวภาพกับคนงานและประชาชนทั่วไปที่สัมผัสสิ่งคุกคาม

นิยามคำสำคัญ

ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarkers) มีผู้ให้นิยามของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพไว้มากมาย แต่นิยามที่สำคัญ เป็นของ NRC ปี 1987 ซึ่งให้ความหมายว่า ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ เซลล์หรือชีวโมเลกุลที่สามารถตรวจวัดได้จากเนื้อเยื่อหรือสารคัดหลั่งของร่างกาย เช่น เลือด ปัสสาวะ เหงื่อ เนื้อเยื่อไขมัน เป็นต้น (National Research Council (NRC), 1987) ซึ่งประโยชน์ของ Biomarkers จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ด้านหลัก ๆ คือ ใช้เพื่อการวัดปริมาณการสัมผัส (Biomarkers of Exposure) ประเมินผลกระทบทางสุขภาพ (Biomarkers of Effects) และประเมินความไวต่อสิ่งสัมผัสหรือการเกิดผลกระทบสุขภาพ (Biomarkers of Susceptibility) (National Research Council (NRC), 1987)

การประเมินการสัมผัสทางด้านชีวภาพ (Biological Monitoring) คือ การนำดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ ไปใช้ประโยชน์ในการติดตามและเฝ้าระวังสุขภาพของแต่ละบุคคล ตัวอย่างการใช้ประโยชน์ คือ การตรวจสุขภาพประจำปี หรือการตรวจสุขภาพตามความเสี่ยงก่อนการเข้าทำงานหรือหลังการเข้าทำงาน เป็นต้น

ค่าครึ่งชีวิต (Half-Life) คือ ระยะเวลาที่สารชนิดหนึ่งใช้ในการสูญสลายไปเป็นปริมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณตั้งต้น ในบทนี้จะหมายถึง ระยะเวลาที่สารชนิดหนึ่งใช้ในการสลายหรือขับออกจากร่างกายมนุษย์ครึ่งหนึ่ง (Hallare & Gerriets, 2020)

ประเภทของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ

การที่ทราบและแบ่งประเภทของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพจะทำให้ผู้นำดัชนีชี้วัดทางชีวภาพไปใช้สามารถเลือกใช้ เข้าใจและแปลผลดัชนีชี้วัดทางชีวภาพได้ถูกต้อง ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพสามารถแบ่งได้ เป็น 3 ชนิดหลัก ๆ (National Research Council (NRC), 1987) ได้แก่

1) ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเพื่อประเมินปริมาณการสัมผัส (Biomarkers of Exposure)

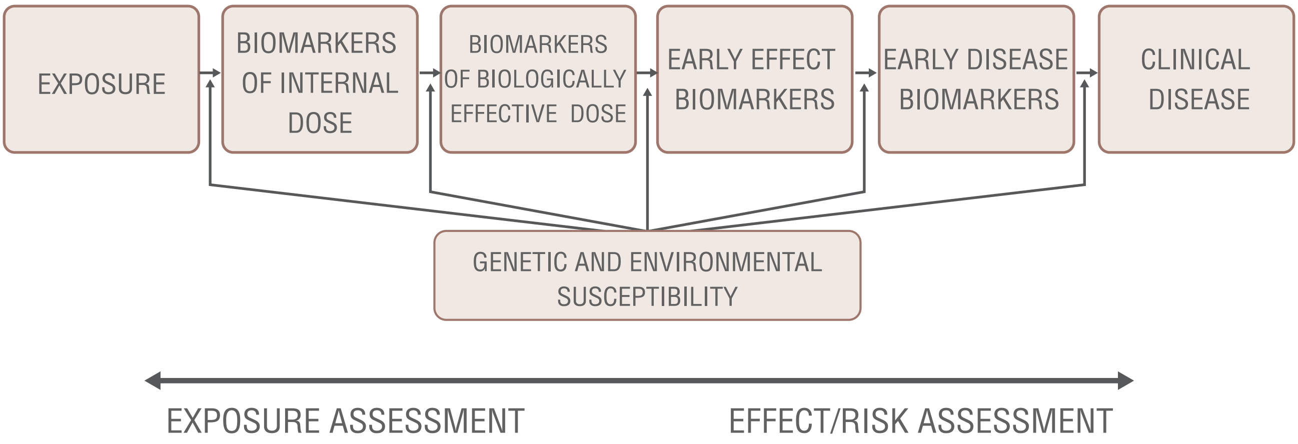
ดัชนีชี้วัดสำหรับการประเมินปริมาณสารสัมผัสของสิ่งคุกคาม เป็นตัวชี้วัดที่บ่งชี้ถึงการได้รับสารเคมีเข้าสู่ร่างกาย โดยสามารถตรวจวัดได้จากสารคัดหลั่งประเภทต่าง ๆ เช่น เลือด น้ำไขสันหลัง ปัสสาวะ น้ำนม รวมถึงตัวอย่าง เยื่อของร่างกาย เช่น เนื้อเยื่อสมอง เส้นผม หรือเล็บ เป็นต้น (Mayeux, 2004) แต่ยังสามารถแยกย่อยได้อีก เป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพสำหรับปริมาณการสัมผัสภายในร่างกาย (Biomarkers of Internal Dose) และ ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพสำหรับปริมาณสารซึ่งทำปฏิกิริยากับเซลล์หรือ DNA ของร่างกาย (Biomarkers of Biological Effective Dose) ดังแสดงในภาพที่ 6.1 ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพตามกลไกจากการสัมผัสสู่การเกิดโรค

2) ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเพื่อประเมินผลกระทบทางสุขภาพ (Biomarkers of Effects)

เป็นตัวชี้วัดที่บ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงหรือ การตอบสนองของร่างกายในระยะแรกที่ยังไม่ปรากฏโรค และยังรวมถึงตัวชี้วัดที่บ่งชี้อาการที่หรือโรคเกิดจากการเหนี่ยวนำของสารเคมี โดยการตอบสนองที่เกิดขึ้นแสดงถึงความสัมพันธ์ต่อการได้รับสิ่งคุกคาม โดยสามารถแบ่งแยกย่อยได้เป็นสองประเภท คือ ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพในระยะซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงของร่างกายแต่ยังไม่เกิดโรค (Early Biological Effect Biomarkers) และดัชนีชี้วัดทางชีวภาพซึ่งเป็นตัวบ่งชี้โรคจากสิ่งคุกคามซึ่งเป็นระยะเริ่มแรกของโรค (Early Disease Biomarkers) ดังแสดงในภาพที่ 6.1 ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพตามกลไกจากการสัมผัสสู่การเกิดโรค

3) ดัชนีชี้วัดความไวทางชีวภาพ (Biomarkers of Susceptibility)

เป็นตัวชี้วัดที่แสดงความไวของแต่ละบุคคลต่อการแสดงอาการผิดปกติภายหลังจากได้รับสิ่งคุกคาม ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากความแตกต่างทางด้านลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ การที่ประชากรมีระดับของเอนไซม์ตับกลุ่ม CYP450 ไม่เท่ากันในแต่ละคน ทำให้บางคนสารย่อยสลายสารพิษในร่างกายได้ดีกว่าบุคคลอื่น หรือการที่คนบางกลุ่มสามารถย่อยสลายแอลกอฮอล์ได้ดีกว่าคนอีกกลุ่มหนึ่ง เป็นต้น (National Research Council (NRC), 1987) โดยมากมักจะใช้สำหรับการทำวิจัยมากกว่าใช้ในการเฝ้าระวังในระดับประชากร



ภาพที่ 6.1 ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพตามกลไกจากการสัมผัสสู่การเกิดโรค

ประเภทของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพลำดับตามกลไกการเกิดโรค

1) ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพสำหรับปริมาณการสัมผัสภายในร่างกาย (Biomarkers of Internal Dose)

เป็นตัวบ่งชี้ ซึ่งเป็นการวัดปริมาณของสิ่งคุกคามนั้น ๆ หรือสารอนุพันธ์ของสิ่งคุกคาม (Metabolite) ในเซลล์ เนื้อเยื่อหรือสารคัดหลั่งของร่างกาย เช่น เลือด ปัสสาวะ อุจจาระ น้ำคร่ำ น้ำนม เหงื่อ ผม หรือเล็บ

ประโยชน์ของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพชนิดนี้คือ เป็นดัชนีบ่งบอกปริมาณของสิ่งคุกคามที่ร่างกายของแต่ละบุคคลได้รับเข้าไปและยังอยู่ในร่างกายขณะที่มีการตรวจวัดดัชนีชี้วัดทางชีวภาพนั้น เป็นการเพิ่มความแม่นยำของการประมาณปริมาณการสัมผัสสิ่งคุกคามในกรณีที่มีแหล่งกำเนิดสิ่งคุกคามหลายแหล่ง แต่ควรใช้และแปลผลอย่างระมัดระวัง

ตัวอย่างของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพชนิดนี้ ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ตัวอย่างของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพสำหรับปริมาณการสัมผัสภายในร่างกาย (Biomarkers of Internal Dose)

เนื้อเยื่อหรือเซลล์ของร่างกายที่ตรวจวัด	ตัวอย่างดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ
ลมหายใจออก (Exhaled Breath)	Volatile Organic Compounds (VOCs), เอทานอล (แอลกอฮอล์)
เลือด	Styrene, lead, viral load, cholesterol
ไขมัน	กลุ่มยาฆ่าแมลง PCBs, PBBs, DDT และ TCDD
สารอนุพันธ์ (metabolite) ในปัสสาวะ	aflatoxin, t,t-muconic acid, PAHs, cotinine, cadmium
สารก่อการกลายพันธุ์ในปัสสาวะ	chemotherapeutic drugs, carcinogens
เส้นผม	arsenic, cotinine
กระดูก	lead

จากตัวอย่าง ผู้อ่านจะเห็นว่าดัชนีชี้วัดทางชีวภาพชนิดนี้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในวงการแพทย์และวิจัย ได้แก่ การตรวจวัดแอลกอฮอล์ในลมหายใจออกเพื่อวัดระดับปริมาณสุราที่ผู้ขับขี่ดื่ม หรือการตรวจวัดตะกั่วในเลือดในเด็กที่มีพัฒนาการล่าช้า เพื่อช่วยในการวินิจฉัย

2) ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพสำหรับปริมาณสารซึ่งทำปฏิกิริยากับเซลล์หรือ DNA ของร่างกาย (Biomarkers of Biological Effective Dose)

เป็นดัชนีซึ่งได้จากการตรวจวัดปริมาณของสิ่งคุกคามหรือสารพิษซึ่งทำปฏิกิริยากับชีวโมเลกุลในร่างกายซึ่งเป็นเป้าหมายของสารนั้น (Molecular Targets) เช่น ไขมัน โปรตีน หรือ DNA และเมื่อทำปฏิกิริยากับชีวโมเลกุลนั้นจะทำให้เกิดการจับกันระหว่างสารและชีวโมเลกุลเกิดเป็นสารใหม่ในรูปที่เรียกว่า Adducts

โดยทั่วไป มักมีความเข้าใจที่ผิดเกี่ยวกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพประเภทนี้ โดยเข้าใจว่าการวัด Adduct เป็นการวัดผลกระทบทางสุขภาพ หรือความเสียหายของ DNA แต่จริง ๆ แล้ว ปริมาณของ adducts ที่วัดได้ คือ ปริมาณของสิ่งคุกคามที่เข้าสู่ร่างกาย เท่านั้น ไม่ได้บอกถึงระดับของผลกระทบสุขภาพแต่อย่างใด

ตารางที่ 6.2 ตัวอย่างดัชนีชี้วัดทางชีวภาพสำหรับปริมาณสารซึ่งทำปฏิกิริยากับเซลล์หรือ DNA ของร่างกาย

เนื้อเยื่อหรือเซลล์ของร่างกายที่ตรวจวัด	ตัวอย่างดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ
Protein Adducts	Carboxyhemoglobin (carbon monoxide), Lead Bound to Hemoglobin
DNA Adducts	Benzo[a]pyrene-DNA adducts จากการตรวจเม็ดเลือดขาว Aflatoxin-N7-guanine adducts ในปัสสาวะ
ไขมันในพลาสมา	Total cholesterol, triglycerides, LDL, HDL

จากตัวอย่างประเด็นที่อาจมีการเข้าใจผิดกันในวงวิชาการของไทย คือการเข้าใจว่า DNA adducts เป็นดัชนีชี้วัดถึงระดับความเสียหายของ DNA ซึ่งจริง ๆ ไม่ใช่ ซึ่งเห็นได้จากงานวิจัยและบทความหลายชนิด

ประเด็นที่น่าสนใจ อีกประเด็นคือ ระดับไขมันในพลาสมานั้นเป็นได้ทั้ง Biologically Effective Dose และ Early Biological Effects ของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (Feingold & Grunfeld, 2000; Upadhyay, 2015)

3) ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของการเปลี่ยนแปลงของร่างกายแต่ยังไม่เกิดโรค (Early Biological Effect Biomarkers)

เป็นตัวบ่งชี้ที่วัดจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาของร่างกาย (Physiological Changes) ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของระดับเอนไซม์ซึ่งใช้กำจัดสารพิษ หรือการเกิดการอักเสบ ซึ่งยังสามารถกลับสู่ปรกติได้ (Reversible) หากไม่มีการสัมผัสสิ่งคุกคามต่อเนื่อง หรือได้รับการักษาหรือบรรเทาอาการอย่างเหมาะสม ตัวอย่างของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพชนิดนี้ ได้แก่ ไขมันในพลาสมา Total cholesterol, triglycerides, LDL และ HDL ตัวชี้วัดบ่งบอกกระบวนการอักเสบของร่างกาย ได้แก่ cytokine และ Interleukins ชนิดต่าง ๆ รวมถึง C-reactive protein (CRP)

ตัวอย่างที่ใช้ในงานอาชีวอนามัย คือ การตรวจหาการลดลงของระดับของเอนไซม์ acetylcholinesterase ในเกษตรกรที่ใช้ยาฆ่าแมลงชนิดที่เป็น Organophosphate โดยในปัจจุบันจากคำแนะนำของกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมใช้วิธีการทดสอบ ด้วยกระดาษทดสอบและสื่อสารเป็นระดับความเสี่ยงดังภาพที่ 6.2

ภาพที่ 6.2 ชุดตรวจหาการลดลงของระดับของเอนไซม์ acetylcholinesterase

4) ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพระยะเริ่มแรกของโรค (Early Disease Biomarkers)

เป็นตัวชี้วัดที่บ่งบอกการเป็นโรคระยะเริ่มแรก ซึ่งดัชนีชี้วัดในกลุ่มนี้จะเป็นการตรวจวัดการทำงานของร่างกายซึ่งไม่สามารถกลับสู่ระดับปรกติได้แล้ว (Irreversible) ตัวอย่าง เช่น การตรวจพบระดับ creatinine kinase (CK-MB) สูงในเลือดเป็นการบ่งบอกว่าผู้ป่วยเป็นโรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด การตรวจพบระดับ Prostate Specific Antigen ในเลือดสูงมาก เป็นการบ่งบอกว่าผู้ป่วยอาจเป็นมะเร็งต่อมลูกหมาก หรือการตรวจพบระดับน้ำตาลในเลือดหลังงดอาหารครบ 8 ชั่วโมง เกิน 125 mg/dl เป็นการบ่งบอกว่าผู้ป่วยเป็นโรคเบาหวาน เป็นต้น

5) ดัชนีชี้วัดความไวทางชีวภาพ (Biomarkers of Susceptibility)

ความแตกต่างกันทางชีวภาพของมนุษย์แต่ละคนทำให้การตอบสนองต่อสิ่งคุกคามไม่เหมือนกัน ความแตกต่างของพันธุกรรมในแต่ละคนนี้ เรียกว่า genetic polymorphisms ตัวอย่าง เช่น ความแตกต่างของยีน กลุ่ม AhR, CYP1A1, CYP2E1, EPHX1, GSTM1, GSTT1, GSTPI, XRCC1, ERCC2, MGMT, CCND1 และ TP53 ทำให้ผู้ที่สูบบุหรี่เท่ากันอาจมีโอกาสเป็นโรคมะเร็งปอดไม่เท่ากัน (Pérez-Morales et al., 2011) หรือในศาสตร์ของความผิดปกติของระบบประสาทนั้น APOE (apolipoprotein E) ได้ถูกนำมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงของการเกิดโรค Alzheimer (Mayeux, 2004) เป็นต้น

ข้อดีและข้อด้อยของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ

ข้อดี ได้แก่

- เป็นการวัดเชิงปริมาณ และสามารถปรับให้มีความเที่ยงและความตรงในระดับสูงเมื่อเทียบกับการวัดด้วยวิธีการใช้แบบสอบถามซึ่งบางครั้งผู้ตอบแบบสอบถามอาจให้ข้อมูลไม่เที่ยงตรง
- สามารถใช้ศึกษากลไกตั้งแต่การสัมผัสสิ่งคุกคามจนถึงการเกิดโรค
- การวัดดัชนีชีวภาพวิธีเดียวกันในแต่ละบุคคลสามารถลดความลำเอียงได้มากกว่าการวัดด้วยการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสอบถาม

ข้อด้อย ได้แก่

- ระยะเวลาและเวลาในการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพมีความสำคัญ เช่น ต้องเก็บตัวอย่างหลังจากการสัมผัสภายใน 8 ชั่วโมง เป็นต้น หากเกินกว่านั้นอาจเกิดความผิดพลาดและค่าไม่แม่นยำ
- มีโอกาสผิดพลาดเพิ่มเติมจากเทคนิคทางห้องปฏิบัติการ หากการวิเคราะห์ตัวอย่างไม่ได้ใช้วิธีการที่เป็นมาตรฐาน
- มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมและบางครั้งมีราคาแพง
- บางครั้งการกำหนด ค่ามาตรฐานทำได้ยาก หรือยังไม่มีค่ามาตรฐานโดยเฉพาะดัชนีชี้วัดทางชีวภาพที่มีการคิดค้นใหม่ และการกำหนดค่ามาตรฐานจำเป็นต้องทำการวิจัยในระดับประชากรจำนวนมาก
- การเก็บตัวอย่าง บางครั้งมีโอกาสเกิดผลข้างเคียงรุนแรง อาจผิดต่อจริยธรรมของการทดลองในมนุษย์

ประเด็นที่ต้องคำนึงถึงในการประยุกต์ใช้ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ

1) ความแปรปรวนและความต่างกันของระดับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ

ความแปรปรวนของระดับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพสามารถเกิดขึ้นกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพทุกประเภทไม่ว่าจะเป็นดัชนีชี้วัดสำหรับปริมาณการสัมผัส ช่วยในการคัดกรองโรค ใช้ในการวินิจฉัย หรือแม้กระทั่งดัชนีชี้วัดความไวทางกายภาพ (Mayeux, 2004) ความแปรปรวนเหล่านี้มีที่มาหลายสาเหตุ แต่สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.1) ความแตกต่างระหว่างบุคคล ได้แก่ ความแตกต่างทางพันธุกรรม ทำให้ความสามารถของความไวทางชีวภาพ การย่อยสลายและการขับออกสารพิษในแต่ละคนไม่เท่ากัน แม้จะอยู่ในสิ่งแวดล้อมเดียวกันและมีความเข้มของสิ่งคุกคามเท่า ๆ กัน นอกจากนี้ความแตกต่างของพฤติกรรมของแต่ละบุคคลก็ทำให้เกิดการสัมผัสสิ่งคุกคามไม่เท่ากันภายใต้สภาวะแวดล้อม เดียวกัน เช่น การนำอาหารและเครื่องดื่มเข้าไปรับประทานในพื้นที่โรงงานอาจทำให้ได้รับสิ่งคุกคามมากขึ้นผ่านทางการกินอาหาร หรือการออกกำลังกายภายใต้ภาวะมลพิษอากาศ (Mayeux, 2004)

ซึ่งจริง ๆ แล้วความแตกต่างของดัชนีชีวภาพระหว่างบุคคลเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการวิเคราะห์ทางด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม เพราะโดยทั่วไปแล้วปัจจัยที่น่าสนใจทางด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม คือ ปัจจัยที่อธิบายความต่างของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพระหว่างบุคคล กล่าวคือ หากต้องการทราบว่าการอยู่ใกล้แหล่งมลพิษทำให้มีการสัมผัสสิ่งคุกคามมากกว่ากลุ่มประชากรที่อยู่ไกลจากแหล่งมลพิษหรือไม่ หากไม่มีความแตกต่างของดัชนีชีวภาพระหว่างบุคคลแล้ว การวิเคราะห์เปรียบเทียบจะไม่พบว่า การอยู่อาศัยใกล้แหล่งมลพิษทำให้เกิดการได้รับสัมผัสสารพิษมากกว่าการอยู่อาศัยไกลจากแหล่งมลพิษออกมา

1.2) ความแตกต่างภายในบุคคล เป็นสิ่งที่จำเป็นต้องควบคุมและในทางการวิเคราะห์แล้วจะพยายามให้การตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการซ้ำหลาย ๆ ครั้งในบุคคลคนเดียวกันมีค่าใกล้เคียงกันที่สุด เนื่องจากบ่อยครั้งมักเกิดจากความผิดพลาดในการวัด (Measurement Error) หรือความแปรปรวนจากวิธีการวิเคราะห์หรือวิธีทางห้องปฏิบัติการ (Laboratory Error) (Mayeux, 2004) ยกตัวอย่างเช่น หากมีการสุ่มวัดตรวจเลือดหาค่าตะกั่วในเลือด เราต้องการให้ทุกครั้งของการวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดนั้น ได้ค่าความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดจากการตรวจวัดคนคนเดียวกัน ในเวลาเดียวกัน มีค่าใกล้เคียงกันเสมอ เช่น ถ้าค่าได้ 80 mg/dl ทุกครั้งที่วัดก็ควรได้ค่า 80 mg/dl หรือใกล้เคียง

ในความเป็นจริงแล้วในการวิเคราะห์ทุกครั้งอาจไม่ได้ค่าเท่ากันทุกครั้ง อันเนื่องมาจากความแปรปรวนทางการทดลอง แม้แต่การเจาะตรวจระดับน้ำตาลในเลือด ซึ่งมีการพัฒนาต่อเนื่องมาเป็น 100 ปี ซึ่งค่าที่ได้ก็มีความแปรปรวนประมาณ ± 5% ในทางปฏิบัติจริงแล้วนั้นเราสามารถยอมรับระดับความผิดพลาดของห้องปฏิบัติการได้ในระดับหนึ่ง โดยค่าที่ใช้พิจารณาหลัก ๆ ก็จะเป็นค่าที่เรียกว่า สัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variation: CV) ซึ่งมักจะยอมรับได้ที่ระดับ 5-10% โดยวิธีการคำนวณจะพูดถึงในบทเกี่ยวกับมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการณ์

2) ความตรงและความเที่ยง (Validity and Reliability) ของดัชนีชี้วัดทางกายภาพ

การพิจารณาเครื่องมือ หรือตัวชี้วัดไม่ว่าจะเป็นทางการแพทย์หรือทางระบาดวิทยาสิ่งที่คำนึงถึงเมื่อพิจารณาคุณภาพของเครื่องมือ ที่สำคัญ คือ ความตรงกับความเที่ยง ในทางทฤษฎีนั้น ค่าที่เราได้จากการประมาณหรือการวัดไม่ว่าค่าใด จะเป็นไปตามสมการ

ค่าที่วัดได้ (Observed Value) = ค่าจริง (True Value) + ค่าความผิดพลาด (Error)

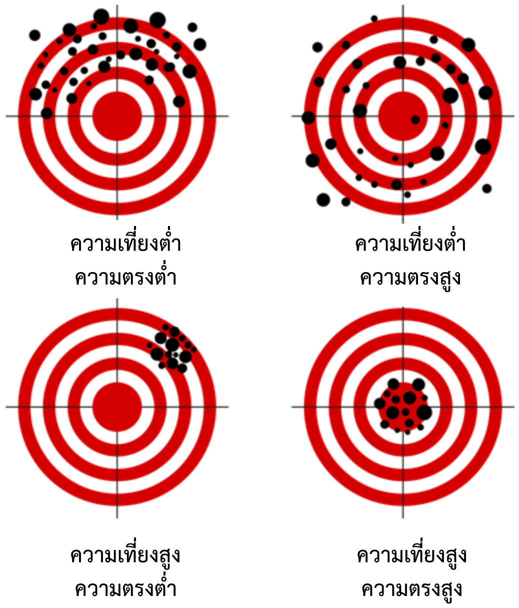
ซึ่ง Error นั้นประกอบด้วย 2 ส่วน คือ Systematic Error (Bias) และ Random Error ซึ่งค่าที่ตรงข้ามกับ Systematic Error นั้น คือ ความตรง (Validity หรือ Accuracy) ในขณะที่ค่าตรงข้ามกับ Random Error นั้น คือ ความเที่ยง (Reliability หรือ Precision)

ความตรง (Validity) หมายถึง การที่เครื่องมือนั้นวัดหรือประมาณได้ตรงกับค่าจริงของสิ่งที่จะวัดหรือต้องการวัดเพียงใด (Kimberlin & Winterstein, 2008) เช่น เรารู้ว่าค่าความเข้มข้นตะกั่วในเลือดของเด็กคนหนึ่งในความเป็นจริงเป็น 80 mg/dl วิธีการวัดแรก ใช้วีการเจาะเลือดปลายนิ้วได้ค่า 60 mg/dl วิธีที่สองคือ การเจาะเส้นเลือดดำ เพื่อหาค่า

ความเข้มข้นตะกั่ว ได้ค่า 78 mg/dl ซึ่งในตัวอย่างนี้จะเห็นว่า วิธีที่สองมีค่าความตรงมากกว่า ซึ่งค่าจากการคำนวณนี้จะเท่ากับ 78/80 ~ 97.5% เราเรียกค่านี้ว่า Percent Recovery ซึ่งถือว่าในกรณีนี้มีค่าความตรงสูง

ความเที่ยง (Reliability) คือ การที่ตรวจวัดซ้ำ ๆ ในบุคคล ตัวอย่าง และเวลาเดียวกัน แล้วได้ค่าใกล้เคียงกันทุกครั้ง ตัวอย่างเดิม เช่น เจาะเลือดเด็กคนหนึ่งซึ่งเราว่าในความเป็นจริง มีค่าความเข้มข้นของตระกั่วในเลือดเป็น 80 mg/dl แล้วแบ่งเลือด ออกเป็น 5 หลอด ตรวจวัดด้วยวิธีการสองวิธี วิธีที่หนึ่ง ได้ค่า 78, 79, 80, 81 และ 82 mg/dl ตามลำดับจากเลือดทั้ง 5 หลอด วิธีที่สอง ได้ค่า 65, 60, 90, 91 และ 92 mg/dl ตามลำดับจากเลือดทั้ง 5 หลอด จะเห็นได้ว่าการวัดจากวิธีที่หนึ่งมีความเที่ยงมากกว่า เพราะทุกครั้งมีการวัดได้ใกล้เคียงกันทุกครั้ง ซึ่งค่าคำนวณความเที่ยงนี้ เราใช้วิธีการคำนวณด้วยค่า สัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variation: CV)

โดยมาเรามักจะอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเที่ยงและความตรงด้วยภาพเป้าธนูดังภาพที่ 6.3



ภาพที่ 6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเที่ยงและความตรง

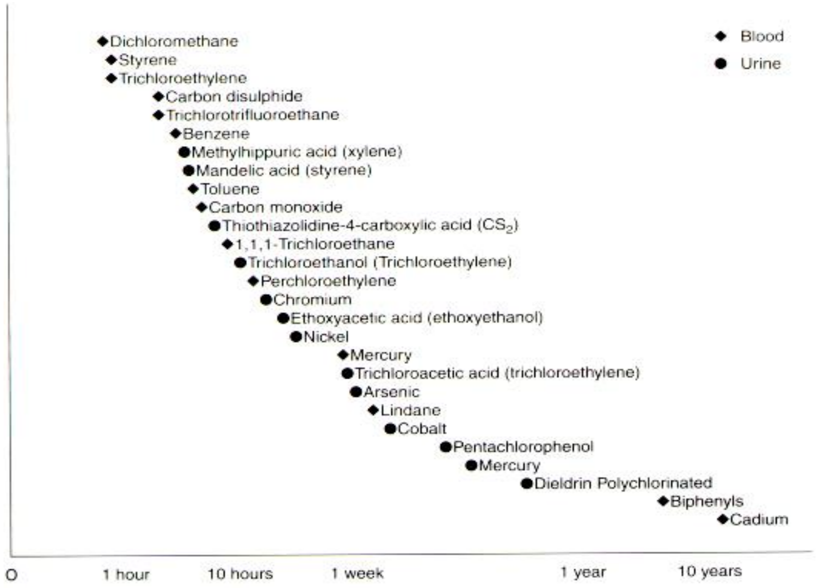
3) ค่าครึ่งชีวิตของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Half-life)

โดยในเชิงของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพนั้น มักหมายถึง ค่าครึ่งชีวิตของการกำจัดออกจากร่างกาย (Elimination Half-Life) ซึ่งหมายถึงระยะเวลาที่เข้มข้นของสารชนิดหนึ่งจะถูกกำจัดออกโดยร่างกายครึ่งหนึ่งของความเข้มข้นตั้งต้น (Hallare & Gerriets, 2020) โดยในที่นี้การใช้ประโยชน์ในเชิงของอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อมนั้นจะต่างกัน

ตัวอย่างเช่น ในการประเมินสารสัมผัส ในเชิงของอาชีวอนามัยนั้น โดยทั่วไปต้องการวัดปริมาณของสิ่งคุกคามจากการทำงานกะนั้น ๆ หรือช่วงเวลานั้น ๆ ดังนั้น ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพจึงควรมีค่าครึ่งชีวิตที่ยาวพอประมาณ 8-12 ชั่วโมง เพื่อที่ค่าของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพนั้น จะเป็นค่าของวันนั้น ๆ ไม่ได้เกิดจากการสะสมจากการสัมผัสสิ่งคุกคามในวันก่อนหน้า หรือไม่ควรสั้นเกินไป เช่น 5 นาที เนื่องจากอาจไม่สามารถตรวจวัดได้ท่านก่อนที่ร่างกายจะกำจัดดัชนีชี้วัดทางชีวภาพนั้นออกจากร่างกาย

ในแง่ของอนามัยสิ่งแวดล้อมนั้น ส่วนมากต้องการวัดปริมาณการสัมผัสต่อสิ่งคุกคามที่มีระยะเวลาต่อเนื่องเป็นเวลานาน และมีการสะสม โดยทั่วไปจึงควรเลือกดัชนีชี้วัดทางชีวภาพที่มีค่าครึ่งชีวิตเป็นเวลานาน เป็นหลักเดือน หรือหลักปี เพื่อที่จะประเมินการสัมผัสนั้น ๆ ได้

ดังนั้นการเลือกใช้ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพจึงต้องคำนึงถึงจุดประสงค์ของการวัด หากต้องการดูผลเฉียบพลัน (Acute) ก็เลือกดัชนีชี้วัดทางชีวภาพที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้น หากต้องการดูผลระยะเรื้อรังก็ต้องเลือกดัชนีชี้วัดทางชีวภาพที่มีค่าครึ่งชีวิตที่ยาว



ภาพที่ 6.4 แผนภาพระยะเวลาครึ่งชีวิตของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพชนิดต่าง ๆ

จากภาพจะเห็นว่าแม้เป็นสารหรือสิ่งคุกคามชนิดเดียวกัน ค่าครึ่งชีวิตในสารคัดหลั่งของร่างกายต่างประเภทกันจะมีค่าระยะเวลาครึ่งชีวิตไม่เท่ากัน ตัวอย่างเช่น Styrene ในเลือดมีค่าระยะเวลาครึ่งชีวิตประมาณ 1 ชั่วโมง ในขณะที่อนุพันธ์ของ Styrene คือ Mandelic Acid ในปัสสาวะมีค่าระยะเวลาครึ่งชีวิตประมาณ 8 ชั่วโมง ดังนั้นจึงควรเลือกการตรวจดัชนีชี้วัดทางชีวภาพในเนื้อเยื่อหรือสารคัดหลั่งที่มีระยะเวลาครึ่งชีวิตที่เหมาะสมกับจุดประสงค์ของการตรวจวัดด้วย

4) ปัจจัยรบกวนของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Confounders)

ปัจจัยรบกวนต่อดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ อาจแบ่งได้หลัก ๆ เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

4.1) ปัจจัยจากมนุษย์ เป็นปัจจัยกวนที่เกิดจากปัจจัยทางพันธุกรรมหรือพฤติกรรมของมนุษย์ ตัวอย่างเช่น t,t-MA ซึ่งเป็นสารอนุพันธ์ของเบนซีนในปัสสาวะสามารถโดนรบกวนได้จาก Sorbic Acid ซึ่งเป็นสารถนอมอาหารพบได้ในน้ำอัดลม น้ำผลไม้ และผลิตภัณฑ์ประเภทไส้กรอก ซึ่งในผู้ที่บริโภคอาหารเหล่านี้ อาจมีค่า t,t-MA สูงโดยอาจสัมผัสเบนซีนเพียงเล็กน้อยหรือไม่สัมผัสเลย เกิดผลที่เรียกว่าผลบวกลวงหรือ false positive (Weaver et al., 2000) ซึ่งหากแปลผลค่า t,t-MA ที่สูงว่าเป็นการสัมผัสเบนซีนทั้งหมดอาจไม่จริงในประชากรบางคน

4.2) ปัจจัยจากการทดลองหรือการเก็บตัวอย่าง ปัจจัยกวนอาจเกิดจากความคงทนทางชีวภาพของสาร (Biologic Stability) เช่น สารบางชนิด เช่นวิตามินจะสลายตัวเร็วเมื่อโดนแสงแดง ดังนั้นหากเก็บตัวอย่างโดยไม่ระมัดระวังไม่ได้เก็บในขวดสีชา อาจทำให้โดนแสงแดดและแปลผลว่า ตัวอย่างขาดวิตามิน แต่แท้จริงแล้วสารวิตามินระเหยเนื่องจากการเก็บตัวอย่างผิดวิธี เป็นต้น (Mayeux, 2004; Mehana et al., 2020)

ดังนั้นในการพิจารณาและแปลผลดัชนีชี้วัดทางชีวภาพจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยกวนต่าง ๆ เหล่านี้ก่อนแปลผลและนำไปสื่อสารความเสี่ยง

5) การยอมรับและผลข้างเคียงจากการเก็บตัวอย่าง

การยอมรับในที่นี้ หมายถึง การที่อาสาสมัครจะยินยอมรับการตรวจดัชนีชี้วัดทางชีวภาพด้วยวิธีนั้น ๆ หรือไม่ (Mayeux, 2004) โดยทั่วไปแล้ววิธีที่มีการรุกรานร่างกายมาก (Invasive) หรือทำให้เกิดความเจ็บปวดหรือผลข้างเคียงจากการเก็บตัวอย่างจะไม่เป็นที่ยอมรับของประชากรอาสาสมัคร ตัวอย่างเช่น ประชากรอาจยินยอมให้เก็บตัวอย่างปัสสาวะมากกว่าการเจาะเลือดหากเลือกได้ หรือประชากรส่วนน้อยจะเลือกการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีตัดชิ้นเนื้อ หากมีทางเลือกอื่น ซึ่งในแต่ละครั้งของการเลือกดัชนีชี้วัดทางชีวภาพผู้อ่านต้องมีการชั่งน้ำหนักว่า ความเสี่ยงของการเกิดผลข้างเคียงจากการเก็บตัวอย่างนั้น ๆ เมื่อเทียบกับประโยชน์ที่ได้รับจากการตรวจดัชนีชี้วัดทางชีวภาพด้วยวิธีนั้น คุ้มค่าหรือไม่

6) ค่าใช้จ่าย

การเลือกดัชนีชี้วัดทางชีวภาพนั้น นอกจากเรื่องของจุดประสงค์ในการวัด และปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้นแล้ว ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่าง คือ ราคาและต้นทุนที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง ในบางครั้งผู้อ่านอาจจะยอมสละความเที่ยงและความตรงในการวัดไปบ้าง หากงบประมาณมีจำกัดและค่าความผิดพลาดยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

เอกสารอ้างอิง

Feingold, K. R., & Grunfeld, C. (2000). The Effect of Inflammation and Infection on Lipids and Lipoproteins. In K. R. Feingold, B. Anawalt, A. Boyce, G. Chrousos, W. W. de Herder, K. Dungan, A. Grossman, J. M. Hershman, H. J. Hofland, G. Kaltsas, C. Koch, P. Kopp, M. Korbonits, R. McLachlan, J. E. Morley, M. New, J. Purnell, F. Singer, C. A. Stratakis, … D. P. Wilson (Eds.), Endotext. MDText.com, Inc. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK326741/

Hallare, J., & Gerriets, V. (2020). Half Life. In StatPearls. StatPearls Publishing. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554498/

Kimberlin, C. L., & Winterstein, A. G. (2008). Validity and reliability of measurement instruments used in research. American Journal of Health-System Pharmacy, 65(23), 2276–2284. https://doi.org/10.2146/ajhp070364

Mayeux, R. (2004). Biomarkers: Potential Uses and Limitations. NeuroRx, 1(2), 182–188.

Mehana, E.-S. E., Khafaga, A. F., Elblehi, S. S., Abd El-Hack, M. E., Naiel, M. A. E., Bin-Jumah, M., Othman, S. I., & Allam, A. A. (2020). Biomonitoring of Heavy Metal Pollution Using Acanthocephalans Parasite in Ecosystem: An Updated Overview. Animals, 10(5), 811. https://doi.org/10.3390/ani10050811

National Research Council (NRC). (1987). Biological markers in environmental health research. Committee on Biological Markers of the National Research Council. Environmental Health Perspectives, 74, 3–9. https://doi.org/10.1289/ehp.74-1474499

Pérez-Morales, R., Méndez-Ramírez, I., Castro-Hernández, C., Martínez-Ramírez, O. C., Gonsebatt, M. E., & Rubio, J. (2011). Polymorphisms associated with the risk of lung cancer in a healthy Mexican Mestizo population: Application of the additive model for cancer. Genetics and Molecular Biology, 34(4), 546–552. https://doi.org/10.1590/S1415-47572011005000053

Upadhyay, R. K. (2015). Emerging Risk Biomarkers in Cardiovascular Diseases and Disorders. Journal of Lipids, 2015. https://doi.org/10.1155/2015/971453

Weaver, V. M., Buckley, T., & Groopman, J. D. (2000). Lack of specificity of trans,trans-muconic acid as a benzene biomarker after ingestion of sorbic acid-preserved foods. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev, 9(7), 749–755.

บทที่ 7

การวัดผลลัพธ์ทางสุขภาพเกี่ยวเนื่องจากเหตุสิ่งแวดล้อม (Health Outcome Related to Environmental Exposure)

บทที่ 7

การวัดผลลัพธ์ทางสุขภาพเกี่ยวเนื่องจากเหตุสิ่งแวดล้อม (Health Outcome Related to Environmental Exposure)

โดย ดร.นายแพทย์ ธรรมสินธ์ อิงวิยะ

บทนำ

ผลลัพธ์ทางสุขภาพ คือ ผลกระทบทางสุขภาพอันเนื่องมาจากเหตุทางสิ่งแวดล้อมซึ่งโดยทั่วไปแล้วมักกล่าวถึงผลเสียเป็นสำคัญ มลพิษทางสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันทั้งที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ และรวมถึงที่เกิดจากธรรมชาติ ได้แก่ มลพิษอากาศ ล้วนมีผลกระทบต่อสุขภาพหรือคุณภาพชีวิตของมนุษย์ได้ ทั้งสิ้น โดยระดับของผลกระทบทางสุขภาพนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสารและปริมาณการสัมผัส ดังที่ได้กล่าวมาในบทก่อนหน้า

ผลกระทบทางสุขภาพโดยทั่วไปแล้วมีการแบ่งประเภทเป็นหลายลักษณะ เช่น อาจแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ 1) การเสียชีวิต (Mortality) โดยรวมทั้งการเสียชีวิตที่เป็นเฉพาะอุบัติเหตุหรือการเสียชีวิต 2) การพิการหรือทุพพลภาพหรือการเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรัง (Morbidity) หรืออาจแบ่งผลกระทบทางสุขภาพตามระบบของร่างกาย ได้แก่ ระบบทางเดินหายใจ ระบบไหลเวียนโลหิต ระบบหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น

อีกทั้งการประเมินผลลัพธ์ทางสุขภาพเป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญของการศึกษาทางระบาดวิทยา การประเมินสิ่งสัมผัสโดยมากจะหมายถึงปัจจัยหรือสิ่งกำหนดทางสุขภาพ ความถี่ในการสัมผัส ระยะเวลาและปริมาณที่สัมผัส การประเมินผลลัพธ์โดยมากจะหมายถึง การเกิดโรค ความถี่ของการเกิดโรค และการกระจายของโรคตามพื้นที่และเวลา การประเมินทั้งสองประเด็นดังกล่าวอย่างถูกต้องแม่นยำ จะนำมาสู่การวิเคราะห์ทางสถิติและการหาสาเหตุ รวมถึงกลไกการเกิดโรคทางระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อมที่แม่นยำ และนำไปสู่การกำหนดนโยบายทางสาธารณสุขที่ถูกต้อง

นิยามคำสำคัญ

สุขภาพ (Health) ตามนิยามขององค์การอนามัยโลก คือ ภาวะความสมบูรณ์ของร่างกาย จิตใจและการอยู่ดีมีสุข ไม่ใช่แค่การไม่เป็นโรค (Constitution, n.d.)

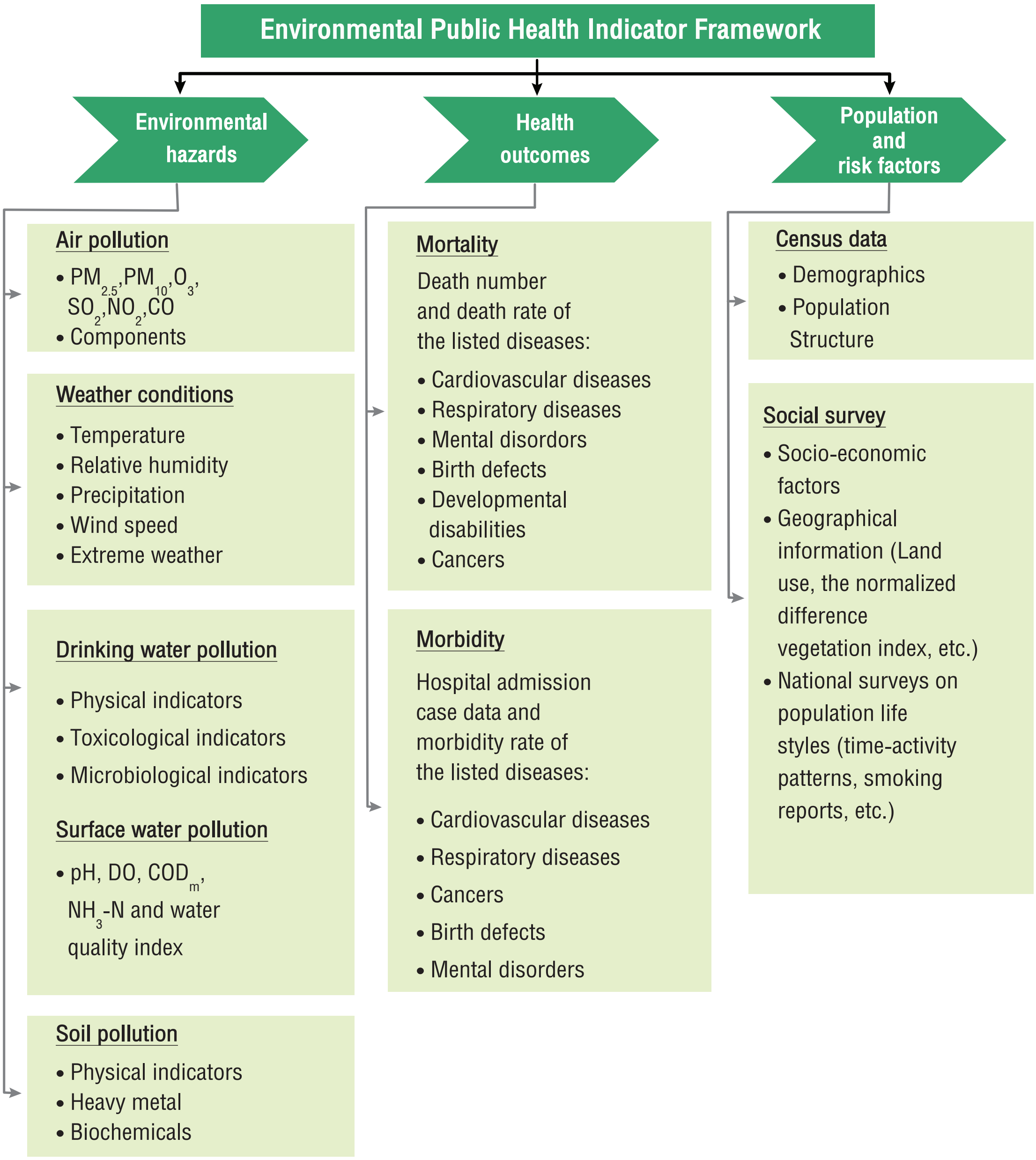
ผลลัพธ์ทางสุขภาพ (Health Outcome) หรืออาจเรียกว่า ผลกระทบทางสุขภาพ (Health Impacts) เหล่านี้ล้วนเป็นคำเดียวกัน และโดยนิยามของคำว่าสุขภาพข้างต้นแล้ว การพิจารณาผลกระทบทางสุขภาพก็ควรจะครอบคลุมถึงผลกระทบทางสุขภาพกาย สุขภาพจิตใจและสังคมความเป็นอยู่ ในเชิงระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อมและอาชีวอนามัยแล้ว ผลกระทบทางสุขภาพสามารถเป็นได้ตั้งแต่ ผลกระทางสุขภาพที่มีหลักเกณฑ์การวินิจฉัยโรคหรือสภาวะชัดเจน เช่น มะเร็ง หรือการวัดที่ใช้การเปลี่ยนแปลงเป็นตัวแทน เช่น ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ เช่น ระดับน้ำตาลในเลือด เป็นต้น (Epidemiology & Sciences, 1997)

ผลลัพธ์ทางสุขภาพเกี่ยวเนื่องจากเหตุสิ่งแวดล้อม

มลพิษทางสิ่งแวดล้อมหรือเหตุสิ่งแวดล้อมหลายชนิด สามารถเกิดผลกระทบมากกว่า 1 ระบบของร่างกาย ดังนั้นการศึกษาทางระบาดสิ่งแวดล้อมจึงมักจะต้องระบุให้ครอบคลุมถึงผลกระทบทางสุขภาพที่ เป็นไปได้ของสารประเภทนั้น ๆ ทั้งหมด ทั้งที่เป็นการเสียชีวิต การเกิดโรคมะเร็งและโรคอื่น ๆ ซึ่งได้มาจากการทบทวนวรรณกรรม (Epidemiology & Sciences, 1997)

การศึกษาส่วนใหญ่ทางด้านระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันมักจะครอบคลุมเพียงบางประเด็นของผลกระทบทางสุขภาพเท่านั้น เช่น งานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบทางระบบประสาทสืบเนื่องจากการสัมผัส methyl mercury หรือตะกั่ว หรือผลกระทบทางเดินหายใจจากการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก เป็นต้น ปัจจุบันงานวิจัยซึ่งครอบคลุมรายประเด็นทางสุขภาพเริ่มมีมากขึ้น แต่ส่วนใหญ่ยังเพิ่มเริ่มต้นและมีจำนวนไม่มากนัก (Epidemiology & Sciences, 1997)

โดยทั่วไปแล้วความเชื่อมโยงระหว่างการสัมผัสสิ่งคุกคาม (Hazards) กับผลลัพธ์ทางสุขภาพสามารถสรุปได้ตามภาพที่ 7.1 ในส่วนของหนังสือเล่มนี้ ผลลัพธ์ทางสุขภาพ จะถูกสรุปในรูปแบบของกรอบกว้าง ๆ เกี่ยวกับผลกระทบทางสุขภาพที่มีการกล่าวถึงในงานระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 7.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งคุกคามและผลลัพธ์ทางสุขภาพ (จาก Ban et al., 2019)

ประเภทของผลลัพธ์ทางสุขภาพ

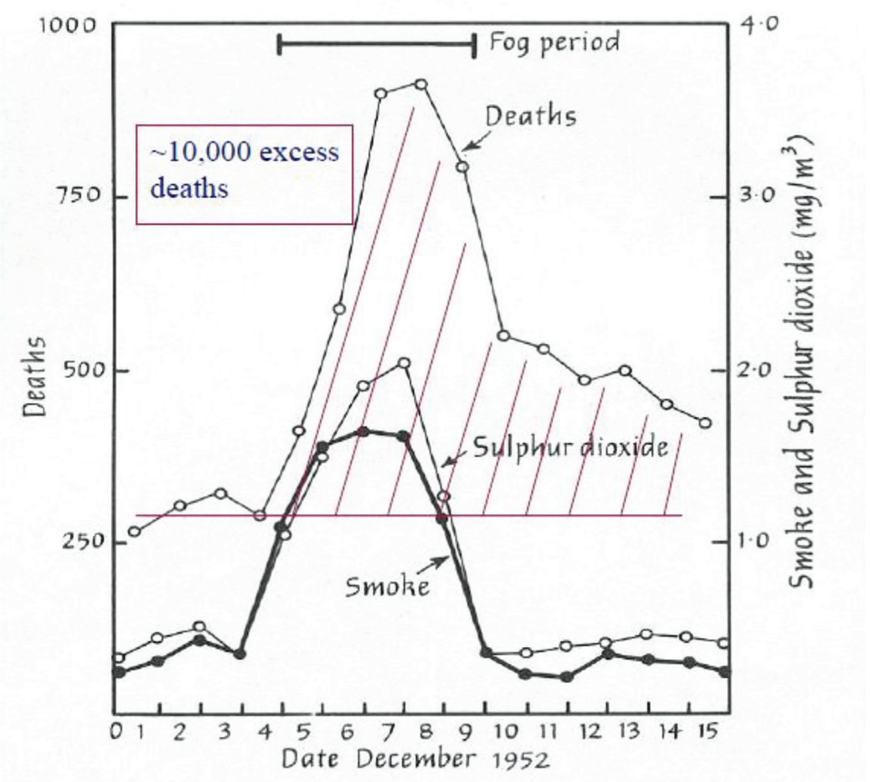
ในหนังสือฉบับนี้จะแบ่งเป็นผลลัพธ์เป็น 2 ลักษณะ คือ การเสียชีวิต (Mortality) และ การพิการหรือทุพพลภาพหรือโรคเรื้อรัง (Morbidity)

1) การเสียชีวิต (Mortality)

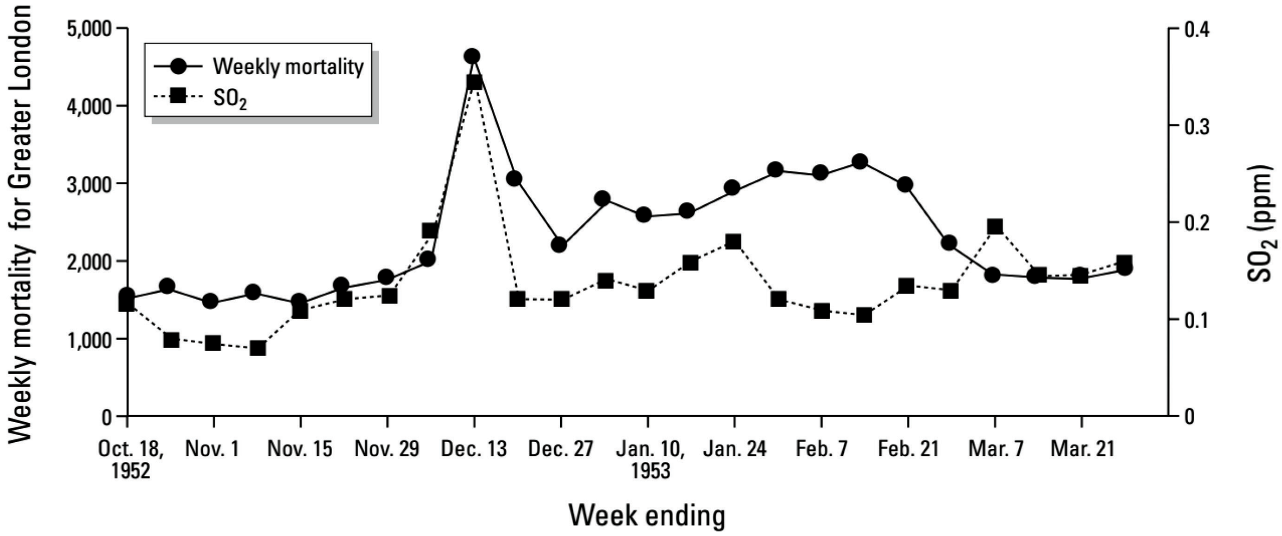
ในงานเชิงระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อมนั้น การเสียชีวิตเป็นผลลัพธ์ทางสุขภาพหนึ่งที่สำคัญและแสดงถึงความรุนแรงของปัญหามลพิษนั้นๆ ได้ มีการใช้จำนวนผู้เสียชีวิตในการติดตามปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมมาตั้งแต่อดีต หรือแม้กระทั่งจนถึงปัจจุบัน

โดยทั่วไปการติดตามจำนวนผู้เสียชีวิตมักจะมีการเชื่อมโยงกับทางทะเบียนราษฎร์หรือใบมรณบัตรหรือจากการอ้างสิทธิ์จากกรมธรรม์ประกันชีวิต เพื่อเชื่อมโยงหาวันเวลาที่เสียชีวิต ซึ่งการติดตามจำนวนผู้เสียชีวิตแบ่งได้หลายประเภท ได้แก่

- **สถิติผู้เสียชีวิตโดยไม่ระบุสาเหตุแต่ยกเว้นการเสียชีวิตด้วยอุบัติเหตุ** ตัวอย่างการติดตามและวิเคราะห์ผลกระทบสุขภาพประเภทนี้ได้แก่ เหตุการณ์การเสียชีวิตจากหมอกควันในเมืองลอนดอน ประเทศอังกฤษ ปี ค.ศ. 1952 โดยมีการเชื่อมโยงอัตราการเสียชีวิตโดยไม่ระบุแยกสาเหตุรายวัน (ภาพที่ 7.2) และรายสัปดาห์ (ภาพที่ 7.3) กับระดับของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในบรรยากาศ ซึ่งพบว่า ช่วงเวลาที่มีระดับของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในบรรยากาศสูงจะมีโอกาสการเสียชีวิตของประชากรโดยไม่ระบุสาเหตุมากขึ้น เป็นต้น การศึกษานี้ถือเป็นการศึกษาชิ้นแรก ๆ ที่แสดงถึงผลกระทบทางสุขภาพจากมลพิษอากาศ และนำมาสู่ที่มาคือ นโยบายควบคุมระดับมลพิษอากาศในที่สุด

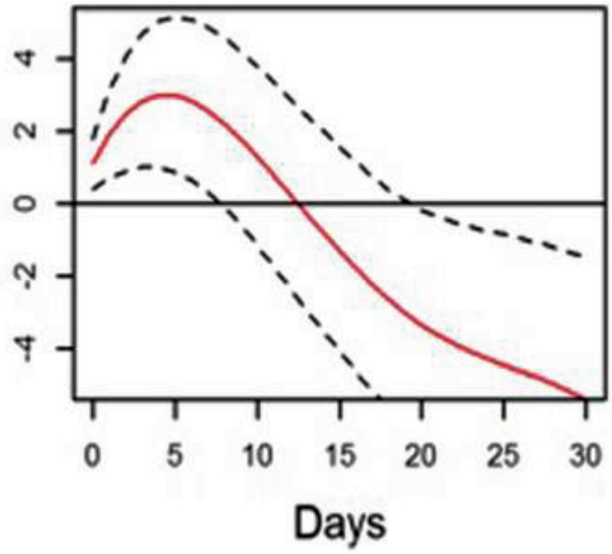


ภาพที่ 7.2 อัตราการเสียชีวิตโดยไม่ระบุสาเหตุและระดับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในบรรยากาศรายวัน



ภาพที่ 7.3 อัตราการเสียชีวิตโดยไม่ระบุสาเหตุและระดับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในบรรยากาศรายสัปดาห์

- **สถิติผู้เสียชีวิตสืบเนื่องจากโรคหรือสาเหตุต่าง ๆ** ตัวอย่างของ สถิติประเภทนี้มีการใช้ในการติดตามความรุนแรงจากเหตุสิ่งแวดล้อมพอประมาณ ตัวอย่างเช่น การเสียชีวิตอันเนื่องมาจากมะเร็งปอด การเสียชีวิตอันเนื่องมาจากโรคหัวใจเป็นต้น เช่นงานวิจัยของ Yap et al., 2019 ซึ่งศึกษาและพบความสัมพันธ์ระหว่างค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) กับอัตราการเสียชีวิตจากโรคหัวใจเป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 7.4



ภาพที่ 7.4 อัตราการเสียชีวิตจากโรคหัวใจหลังจากมีการเพิ่มขึ้นของค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ในอากาศ 10 μg/m^3 ในวันเดียวกันและ 1-30 วันหลังจากมีการเพิ่มของค่าฝุ่นละออง
ดัดแปลงจาก Yap et al., 2019

- **สถิติการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร (Premature Death)** คือ อัตราการเสียชีวิตก่อนอายุขัยเฉลี่ยตามพื้นที่และเวลา เช่น อายุขัยเฉลี่ยของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2560 เป็นต้น

2) การพิการหรือทุพพลภาพหรือการเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรัง (Morbidity)

มีการแบ่งประเภทมากมายแต่ในหนังสือเล่มนี้จะพูดถึงผลกระทบทางสุขภาพแย่ตามระบบการทำงานของร่างกายเป็นสำคัญ

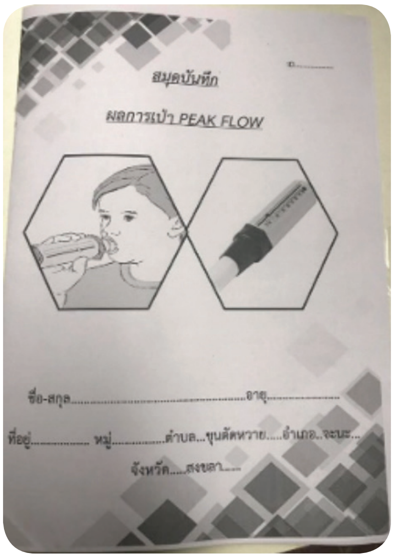
2.1) ระบบทางเดินหายใจ (Respiratory Outcome)

ปัจจุบันมักจะเชื่อมโยงกับมลพิษที่มากับอากาศ หรือมลพิษอากาศเป็นสำคัญ เช่น การศึกษาเกี่ยวกับระดับฝุ่นละอองในอากาศกับจำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับการบริการในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคหืดกำเริบ เป็นต้น (Pope, 1991) โดยทั่วไปแล้วสามารถแบ่งผลกระทบทางเดินหายใจได้เป็น 2 แบบ คือ

2.1.1) แบบระยะเฉียบพลัน (Acute Effect)

ในปัจจุบัน ได้แก่ (Epidemiology & Sciences, 1997)

- การลดลงของสมรรถภาพปอดชั่วคราวหรือ เรื้อรัง เช่น การทดสอบสมรรถภาพปอดด้วยวิธี spirometry หรือ Peak expiratory flow rate ด้วยเครื่องมือ ดังภาพซึ่งพบว่าสามารถใช้ติดตามการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอดขณะและหลังโรงไฟฟ้าชีวมวลหยุดทำการชั่วคราวเป็นเวลา 1 สัปดาห์



ภาพที่ 7.5 เครื่องมือสมุดเก็บบันทึกค่า Peak expiratory flow rate

- การติดตามอาการทางเดินหายใจรายวัน เช่น การไอ จาม น้ำมูก โดยใช้แบบสอบถามมาตรฐานของกรมอนามัยหรือกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข
- จำนวนผู้มาห้องฉุกเฉินด้วยอาการหรือโรคทางเดินหายใจ เช่น จำนวนผู้มาห้องฉุกเฉินด้วยโรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) หรือโรคหืดกำเริบ (Asthmatic Attack)
- การรักษาตัวอยู่ในโรงพยาบาลด้วยโรคทางเดินหายใจ (Admission)

2.1.2) แบบเรื้อรัง (Chronic Effects)

ในปัจจุบัน ได้แก่

- การลดลงถาวรจากการทดสอบสมรรถภาพปอดด้วย Spirometry
- อัตราการป่วยด้วยโรคมะเร็งปอด
- อุบัติการณ์ของโรงปอดเรื้อรัง เช่น ถุงลมโป่งพอง (Emphysema) และ หลอดลมอักเสบเรื้อรัง (Chronic Bronchitis) เป็นต้น

2.2) ระบบประสาท (Neurological Outcome)

ระบบประสาทเป็นระบบหนึ่งซึ่งมีความสามารถในการซ่อมแซมตัวเองน้อย หากมีการเสียภาพหรือเสื่อมสภาพมักจะเป็นถาวรและไม่สามารถฟื้นฟูกลับมาได้เหมือนก่อนเสียหาย (Leonard, 1993) การติดตามผลลัพธ์ทางระบบประสาทมักอาศัยการสังเกตพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปของมนุษย์ หรือการเปลี่ยนแปลงทางสารสื่อประสาทเป็นหลัก ซึ่งได้แก่

- การติดตามพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น การเกิดโรค Parkinson, Alzheimer โรคสมาธิสั้น
- การวัดระดับสติปัญญา เช่น การทดสอบ Intelligent Quotient (IQ) เช่น การศึกษาของ Bellinger et al., 1987 ซึ่งพบว่าระดับของตะกั่วที่สัมผัสระหว่างอยู่ในครรภ์มารดาและวัยเด็กมีผลต่อการลดลงของ IQ ของเด็ก
- การเกิดอาการผิดปกติทางระบบประสาทส่วนปลาย เช่น การเกิดอาการชา ตามปลายมือปลายเท้าจากการสัมผัสสารฆ่าแมลง เป็นต้น
- การตรวจหาระดับสารสื่อประสาท เช่น การตรวจคัดกรองหาระดับ Acetylcholinesterase ในเกษตรกรโดยใช้แผ่นตรวจ เพื่อประเมินผลกระทบการสัมผัสยาฆ่าแมลงชนิด organophosphate เป็นต้น

2.3) ระบบสืบพันธุ์และพัฒนาการ (Reproductive and Developmental Outcome)

ผลกระทบต่อระบบสืบพันธุ์และพัฒนาการ เป็นคำที่มีความหมายกว้าง ครอบคลุม ตั้งแต่ผลกระทบจากมารดาบิดา การตั้งครรภ์และขณะทารกเจริญเติบโตในครรภ์ ซึ่งผลกระทบต่อระบบสืบพันธุ์นั้นสามารถเกิดได้ตั้งแต่ก่อนการปฏิสนธิจากทั้งเพศชายและหญิงและมีผลต่อความผิดปกติต่อการตั้งครรภ์และคลอดบุตร (Epidemiology & Sciences, 1997) ผลกระทบทางระบบสืบพันธุ์และพัฒนาการที่น่าสนใจ ได้แก่

- **ความสามารถในการมีบุตร (Fecundity)** สามารถวิเคราะห์หรือติดตามได้จากหลายวิธี ได้แก่ สถิติการเกิดมีชีพของทารก การตรวจนับจำนวนและรูปร่างของอสุจิในเพศชาย การตรวจระดับฮอร์โมนเพศทั้งหญิงและชาย การตกไข่ในเพศหญิง ซึ่งสารหลายชนิดมีผลต่อการเกิดผลกระทบเหล่านี้ เช่น Phthalate มีผลทำให้อสุจิของเพศชายลดลง เป็นต้น (Duty et al., 2003) หรือ toluene มีผลต่อการลดลงของฮอร์โมนเพศหญิง luteinising hormone (LH) และ follicle stimulating hormone (FSH) (Luderer et al., 1999)
- **การตั้งครรภ์ (Pregnancy Outcome)** ตัวอย่างเช่น การแท้ง การคลอดก่อนกำหนด (Premature Labor) การคลอดน้ำหนักตัวน้อย (Low birthweight) และการพิการหรือผิดปกติแต่กำเนิด ส่วนใหญ่มักเป็นการศึกษาจากสัตว์ทดลอง แต่ก็มีสารพิษบางชนิดที่มีการศึกษาพบผลกระทบชัดเจนในมนุษย์ เช่น การพบความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสปรอทกับโรคพิการแต่กำเนิดมินามาตะ เป็นต้น (Koos & Longo, 1976)
- **ความผิดปกติแต่กำเนิดและพัฒนาการผิดปกติ (Birth Defects and Development Outcome)** เป็นส่วนของผลกระทบทางระบบสืบพันธุ์และพัฒนาการที่มีการศึกษาแพร่หลายที่สุด เนื่องจากติดตามและสังเกตเห็นได้ง่าย รวมทั้งเป็นความกังวลของบิดามารดามากที่สุด เช่น การเป็นโรคหัวใจแต่กำเนิดของทารก หรือความผิดปกติแต่กำเนิดของทารกในแบบต่าง ๆ เช่น กรณีของรัฐนิวยอร์ค ในเขตประเทศอเมริกาที่พบความสัมพันธ์ระหว่างการอยู่อาศัยใกล้แหล่งทิ้งขยะกับความผิดปกติแต่กำเนิดของทารก (Epidemiology & Sciences, 1997) เป็นต้น

ในด้านพัฒนานั้นจะใช้การติดตามพัฒนาการของเด็กในหลาย ๆ ด้าน ได้แก่ ด้านสรีระร่างกาย เช่น ความสูง น้ำหนัก ความยาวเส้นรอบศีรษะ หรือพัฒนาการทางด้านพฤติกรรม เช่น การพัฒนาการเดิน การวิ่ง การพูด หรือพัฒนาทางด้านสังคม เช่น การสบตา การเล่นกับเพื่อน เป็นต้น ซึ่งในประเทศไทยมีการประเมินพัฒนาการด้วยเครื่องมือหลาย ๆ ด้าน ตัวอย่างเช่น เครื่องมือ DSPM เครื่องมือแบบสอบถามแบบประเมิน/แบบประเมินความสามารถทางเชาวน์ปัญญาเด็กอายุ 2-15 ปี (เชาวน์เล็ก) หรือเชาว์เล็กสำหรับประเมิน IQ เด็กเล็ก หรือแบบประเมินภาวะแอลดี KUSSI หรือแบบคัดกรองบุคคลที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้จาก school.obec.go.th เป็นต้น

2.4) ระบบตับและไต (Hepatic and Renal Outcome)

ตับและไตเป็นอวัยวะสำคัญที่ใช้สำหรับจัดการ เปลี่ยนสภาพและขับสารพิษออกจาการร่างกาย โดยตับทำหน้าที่ย่อยหรือเมตาบอไลต์สารพิษจากรูปอันตรายเป็นรูปของสารที่ไม่เป็นอันตราย ในขณะที่ไตเป็นอวัยวะหลักที่ขับของสารพิษหรือส่วนของสารพิษที่ถูกย่อยออกจากร่างกาย โดยหลายครั้งพบว่าสารพิษหลายชนิดมีการสะสมอยู่ในตับและไตมากกว่าในเลือด หรือส่วนอื่นๆ ของร่างกาย โดยการติดตามผลลัพธ์ สามารถแบ่งได้หลายประเภท ได้แก่

- **การติดตามการเปลี่ยนแปลงพยาธิสภาพของตับหรือการเกิดโรคตับ** ได้แก่ การติดตามด้วย ultrasound ดูลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของตับ เช่น การโตผิดปกติ การเกิดพังผืด (Fibrosis) การเกิดการอักเสบและเนื้อตาย (Necrosis) การอุดตันของเส้นเลือดตับ การเกิดตับแข็ง (Cirrhosis) และมะเร็งตับ (Hepatocellular Carcinoma หรือ Hepatoma) เป็นต้น (Fagiuoli et al., 1993)
- **การเปลี่ยนแปลงระดับของเอนไซม์หรือการทำงานของตับ** ได้แก่ การติดตามระดับของเอนไซม์ตับหลัก 4 ชนิด คือ alanine transaminase (ALT) aspartate transaminase (AST) alkaline phosphatase (ALP) และ gamma-glutamyl transpeptidase (GGT) ซึ่งการเพิ่มขึ้นผิดปกติของเอนไซม์อย่างใดอย่างหนึ่งใน 4 ประเภทนี้บ่งบอกการทำงานของตับที่ผิดปกติ เช่น กรณีการเกิดตับอักเสบจากการดื่ม alcohol หรือการสัมผัสสารอื่นๆ ที่อาจมีผิดต่อตับ เช่น benzene เป็นต้น
- **การติดตามการเปลี่ยนแปลงพยาธิสภาพของไตหรือการเกิดโรคไต** ได้แก่ การเกิดการผิดปกติของการกรองของกรวยไต (glomerular nephritis) การเกิดนิ่วในทางเดินปัสสาวะ การเกิดโรคมะเร็งทางเดินปัสสาวะและ การเกิดโรคไต ชนิดอื่น ๆ เช่น tubular necrosis, Fanconi syndrome, interstitial nephritis และ hypersensitivity reaction
- **การเปลี่ยนแปลงการทำงานของไต วิธีที่นิยมมากในปัจจุบัน** คือ การติดตามระดับของค่าแทนการทำงานของไตด้วยระดับ creatinine ในเลือด แต่วิธีการนี้มีข้อเสียคือ ระดับ creatinine จะผิดปกติเมื่อไตเสียสภาพมากกว่า 50% แล้ว และมีการนำค่า creatinine มาคำนวณหาค่าการกรองของไตหรือ Glomerular Filtration rate หรือ GFR เพื่อคิดเป็นร้อยละการทำงานของไตโดยเทียบกับคนในช่วงอายุและน้ำหนักใกล้เคียงกัน ในปัจจุบันจึงมีผู้คิดค้นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพมาแทนที่หลายประเภทแต่ยังอยู่ในระหว่างการศึกษาความเหมาะสม เช่น ระดับของ microalbumin เป็นต้น

2.5) ระบบภูมิคุ้มกุ้น (Immune System Outcome)

ปัจจุบันมีนักวิจัยหลายรายที่พยายามศึกษาผลของมลพิษต่อระบบภูมิคุ้มกัน เพียงแต่การศึกษายังมีข้อจำกัดอยู่มาก เช่น ยังไม่สามารถแยกการตอบสนองทางระบบภูมิคุ้มกันปกติ ออกจากผิดปกติจากมลพิษทางสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ตัวอย่าง เช่นการติดตามระดับเม็ดเลือดขาว ซึ่งอาจเกิดการเพิ่มลดจากการติดเชื้อไวรัสหรือแบคทีเรีย ได้เช่นกัน ซึ่งยังจำเป็นต้องมีการศึกษาการแยกแยะผลกระทบอีกมาก

2.6) ผลกระทบทางจิตใจ (Mental Health Outcome)

เป็นกระทบกึ่งๆ ทางอ้อม ตัวอย่าง เช่น การเกิดความเครียดจากการได้รับกลิ่นเหม็นหรือการได้ยินเสียงดังเป็นระยะเวลานาน หรือการเกิดภาวะซึมเศร้าจากการอาศัยอยู่ใกล้แหล่งมลพิษ หรือการเกิดภาวะวิตกจริตจากเหตุการณ์เกี่ยวเนื่องจากมลพิษ เช่น Post-Traumatic Stress Disorder จากการเกิดสึนามิ ทำให้ทุกครั้งที่ได้ยินเสียงคลื่น เกิดความตกใจกลัวได้

ในประเทศไทยมีทางเลือกในการติดตามผลกระทบทางจิตใจเหล่านี้ด้วยแบบสอบถามของกรมสุขภาพจิต ซึ่งมีให้เลือกตามความเหมาะสมจำนวนมากและหลากหลาย เช่น

- คัดกรองซึมเศร้า แบบสอบถาม ได้แก่ 2Q 8Q 9Q CES-D เป็นต้น
- ความเครียดวิตกกังวล เช่น ST-5 เป็นต้น

คุณภาพชีวิต

องค์การอนามัยโลกหรือ WHO ได้นิยามคำว่า คุณภาพชีวิตหรือ Quality of life ไว้ว่า เป็นความรับรู้ถึงสถานะของชีวิตของบุคคล บุคคลหนึ่งซึ่งแตกต่างกันไปตามวัฒนธรรมและการตีค่าของแต่ละพื้นที่ที่แต่ละคนอยู่ ซึ่งขึ้นอยู่กับเป้าหมายใจชีวิต ความคาดหวัง มาตรฐานและความกังวล โดยคุณภาพชีวิตนั้นมีความหมายกว้าง อาจหมายรวมถึง สุขภาพทางกาย ทางจิต ความเชื่อ ความสัมพันธ์ในสังคม และความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวของบุคคลคนนั้น (WHO | WHOQOL, n.d.)

โดยทางองค์การอนามัยโลก ได้พัฒนาแบบสอบถามเรียกว่า WHOQOL-100 และ WHO-BREF ซึ่งได้รับการทดสอบจากหลายสถาบันในโลก ซึ่งคำถามส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการรับรู้สถานะของแต่ละบุคคล ยกตัวอย่าง เช่น ในกรณีของคนไข้เบาหวาน นอกจากจะถามเรื่องการเจ็บป่วยแล้ว ยังจะมีคำถามเกี่ยวกับ ความพึงพอใจของการรักษา ความสัมพันธ์กับคนในชุมชน และ ความพึงพอใจกับสถานะสุขภาพและร่างกายที่เป็นอยู่ โดยข้อคำถามจะเหมาะกับทั้งคนปกติและคนป่วยซึ่งจะมีความแตกต่างกันไป (WHO | WHOQOL, n.d.)

โดยข้อคำถามของ WHOQOL-100 และ WHO-BREF ประกอบด้วย 6 หมวด คือ สุขภาพกาย สุขภาพจิต ความเป็นอิสระ ความสัมพันธ์เชิงสังคม สิ่งแวดล้อม ความเชื่อและจิตวิญญาณ (WHO | WHOQOL, n.d.)

สำหรับในกลุ่มของคนงานนั้นได้มีกลุ่มพัฒนาข้อคำถามเฉพาะสำหรับคนงาน โดยเฉพาะ โดยมีความคล้ายคลึงกับ WHO-BREF โดยแบ่งเป็น 4 ด้าน ประกอบด้วย ข้อคำถามเชิงจิตวิทยา 17 ข้อ เชิงสังคม 24 ข้อ เชิงสิ่งแวดล้อม 22 ข้อ และเชิงสุขภาพกาย 14 ข้อ รวมทั้งหมด 76 ข้อ ซึ่งจากการศึกษาพบว่ามีความสอดคล้องกับแบบสอบถามของ WHO-BREF เป็นอย่างดีที่ correlation = 0.3-0.6 ขึ้นอยู่กับด้าน โดยสูงสุดคือทางกาย โดยมีค่า Internal Consistency จาก Cronbach's alpha อยู่ระหว่าง 0.76-091 (Martini et al., 2017)

โดยวิธีคำนวณคะแนนรวมของ QOL-76 ดังแสดงในตารางข้างล่าง โดยคนงานทั่วไปมีค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 วิธีการคำนวณคะแนนแต่ละด้านและคะแนนรวมและคะแนนเฉลี่ย ดัดแปลงจาก Martini et al 2017 (Martini et al., 2017)

Domain	Number of questions	Minimum	Maximum	Transformation	Mean Score (SD)
Psychological Domain	17	17	85	((X-17) /68) *100	73.1 (16.5)
Social Domain	24	24	120	((X-24) /96) *100	63.6 (12.8)
Environment Domain	22	22	110	((X-22) /88) *100	51.4 (12.8)
Physical Domain	13	13	65	((X-13) /52) *100	62.2 (15.5)
Total	76	76	380	((X-76) /304) *100	

การใช้รหัสการวินิจฉัยโรคในการติดตามผลกระทบทางสุขภาพ

ในยุคของข้อมูลขนาดใหญ่และการที่ประเทศไทยมีข้อมูลระบบสุขภาพ 43 แฟ้ม ทำให้การประยุกต์ใช้ข้อมูล 43 แฟ้ม โดยเฉพาะรหัสโรคในการเฝ้าระวังติดตามโรคจากเหตุสิ่งแวดล้อมจึงมีความสะดวกรวดเร็วมากขึ้น ครอบคลุมประชากรจำนวนมาก และมีความแม่นยำในระดับหนึ่ง

ดังนั้นการประยุกต์ใช้รหัสการวินิจฉัยโรคจึงถือเป็นทักษะและความรู้หนึ่งที่จำเป็นสำหรับบุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุขในปัจจุบัน

รหัสวินิจฉัยโรค

ประเทศไทยใช้ ICD-10-TM เป็นรหัสวินิจฉัยโรคในระบบฐานข้อมูลสุขภาพ

บัญชีจำแนกโรคระหว่างประเทศฉบับปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 10 (International Classification of Diseases and Related Health Problems 10 Revision – ICD-10) ("ICD-10," 2019, p. 10) ประกอบด้วยโรค สัญญาณและอาการ สิ่งผิดปรกติที่ตรวจพบ รวมไปถึง สถานะทางสังคม และเหตุภายนอกที่ทำให้เกิดความเจ็บป่วย พัฒนาโดยองค์การอนามัยโลก ใช้ตั้งแต่ปี 1983 และใช้อย่างเป็นทางการในปี 1994 จำนวนของรหัสโรคเพิ่มจากเดิมของ ICD-9 ซึ่งมี 6969 รหัส มาเป็น 14,199 รหัสใน ICD-10 และเนื่องจากมีบางโรคที่พบในเฉพาะบางประเทศ จึงมีการปรับปรุงเพิ่มเติมเฉพาะประเทศรวมถึงประเทศไทยอีกด้วย

สำหรับประเทศไทย มีการปรับปรุง เป็น ICD-10-TM (Thai Modification) เสร็จในปี 2003 (ICD10TM2016VOL1_FINAL, n.d.) ซึ่งดูแลปรับปรุงโดย Thai Health Coding Center (THCC) ภายใต้กระทรวงสาธารณสุข โดยการปรับปรุงครั้งล่าสุด อ้างอิงตาม ICD-10 ขององค์การอนามัยโลก ฉบับ 2016 ซึ่งเป็นระบบสองภาษา ใช้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยเพิ่มเติมรหัสโรคบางอย่างที่พบบ่อยในประเทศไทยแต่ไม่พบในฉบับหลักขององค์การอนามัยโลก เพิ่มรหัสหัตถการและการผ่าตัดของประเทศไทย เพิ่มขยายประโยชน์การใช้งานเพิ่มเติมตามความต้องการของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางและทบทวนการเรียกชื่อโรคให้สอดคล้องกับหลักวิชาการใหม่

เมื่อผู้ป่วยเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล แพทย์ตรวจรักษา และให้คำวินิจฉัยโรค แล้วนักรหัสโรค (Medical Coder) จะเป็นผู้ทำหน้าที่แปลงคำวินิจฉัยโรคไปเป็นรหัส ICD-10-TM ซึ่งมีความสำคัญสำหรับโรงพยาบาล เพราะระบบสาธารณสุขของไทย จะนำรหัสเหล่านี้ไปใช้สำหรับการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาล ซึ่งเป็นต้นทุนของโรงพยาบาล

ตัวอย่างการใช้รหัสโรคในการติดตามผลกระทบทางสุขภาพ

แนวทางการประเมินผลกระทบจากข้อมูลด้านสุขภาพกรณีหมอกควัน (กรมอนามัย, 2015) ในภาวะฉุกเฉินทางมลพิษอากาศนั้นทางสำนักระบาดกรมควบคุมโรคได้กำหนดแนวทางรายงานโรคไว้ ดังนี้

บันทึกรายงานและวิเคราะห์ข้อมูลรายวันเปรียบเทียบในแต่ละสัปดาห์และเดือนประกอบด้วยข้อมูลสำคัญ ได้แก่

1.1 ชื่อหน่วยงานที่รายงานระบุเป็น รพ.สต. รพช. รพท. รพศ. และที่ตั้งตำบลอำเภอและจังหวัด

1.2 การรายงานการเจ็บป่วยและเสียชีวิตด้วยกลุ่มโรคที่เกี่ยวข้องของผู้ป่วยที่มารับบริการ ทั้งผู้ป่วยนอก (OPD) และผู้ป่วยใน (Admission) ในแต่ละวันประกอบด้วยกลุ่มโรคตามรหัส ICD10 ดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 กลุ่มโรคที่มีการเฝ้าระวังทางสุขภาพจากปัญหาหมอกควัน

กลุ่มโรคที่เฝ้าระวัง	รหัส ICD10
กลุ่มโรคหัวใจและหลอดเลือดทุกชนิด	(I รวม)
กลุ่มโรคหัวใจและหลอดเลือดทุกชนิด	(I00-I99)
กลุ่มโรคหลอดเลือดหัวใจ	(I20-I28.9)
กลุ่มโรคหัวใจกล้ามเนื้อเต้นผิดปกติ	(I40-I49.9)
กลุ่มโรคหัวใจวายหัวใจอักเสบและอื่นๆ	(I50-I52.8)
กลุ่มโรคทางเดินหายใจทุกชนิด	(J รวม)
กลุ่มโรคทางเดินหายใจทุกชนิด	(J00-J99.8)
กลุ่มโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน	(J00-J06.9)
กลุ่มโรคปวดบวม	(J10-J18.9)
กลุ่มโรคหลอดลมอักเสบ	(J20-J22)
กลุ่มภูมิแพ้	(J30-J39.9)
กลุ่มหอบหืดและ COPD	(J40-J47)

ตารางที่ 7.2 **กลุ่มโรคที่มีการเฝ้าระวังทางสุขภาพจากปัญหาหมอกควัน (ต่อ)**

กลุ่มโรคที่เฝ้าระวัง	รหัส ICD10
กลุ่มโรคตาอักเสบ กลุ่มโรคตาอักเสบ	(H1 รวม) (H10-H19.8)
กลุ่มโรคผิวหนังอักเสบ กลุ่มโรคผิวหนังอักเสบ	(L2,L3 รวม) (L20-L29.9, L30-L30.9)

1.3 ให้บันทึกรายงานและประเมินการเสียชีวิตกลุ่มโรคและอาการที่เกี่ยวข้อง (กลุ่มโรคตามข้อ 1.2) และวิเคราะห์เปรียบเทียบในแต่ละวันและสัปดาห์

1.4 รายงานการตรวจวัดคุณภาพอากาศเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (โดยกรมควบคุมมลพิษ)

- ค่าเฉลี่ย PM_{10} (มคก./ลบม.) ให้บันทึกรายวันเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ยอมรับได้ <120 มคก/ลบม. หากมากกว่าถือว่าเป็นระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและควรมีแนวทางการจัดการ
- ค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) ให้บันทึกรายวันและเปรียบกับค่าที่กำหนดควรประเมินระดับคุณภาพอากาศ (AQI) ในแต่ละสัปดาห์ว่าอยู่ระดับใดตามค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index) ประกาศของกรมควบคุมมลพิษ หากพบว่าอยู่ในระดับที่มีผลต่อสุขภาพที่เป็นอันตรายควรมีการแจ้งเตือนและให้คำแนะนำโดยเฉพาะในกลุ่มเสี่ยง

เอกสารอ้างอิง

Ban, J., Du, Z., Wang, Q., Ma, R., Zhou, Y., & Li, T. (2019). Environmental Health Indicators for China: Data Resources for Chinese Environmental Public Health Tracking. Environmental Health Perspectives, 127(4). https://doi.org/10.1289/EHP4319

Bellinger, D., Leviton, A., Waternaux, C., Needleman, H., & Rabinowitz, M. (1987). Longitudinal analyses of prenatal and postnatal lead exposure and early cognitive development. The New England Journal of Medicine, 316(17), 1037–1043. https://doi.org/10.1056/NEJM198704233161701

Constitution. (n.d.). Retrieved January 17, 2021, from https://www.who.int/about/who-we-are/constitution

Duty, S. M., Silva, M. J., Barr, D. B., Brock, J. W., Ryan, L., Chen, Z., Herrick, R. F., Christiani, D. C., & Hauser, R. (2003). Phthalate exposure and human semen parameters. Epidemiology (Cambridge, Mass.), 14(3), 269–277.

Epidemiology, N. R. C. (US) C. on E., & Sciences, N. R. C. (US) C. on L. (1997). Researching a Broad Range of Health Outcomes. In Environmental Epidemiology: Volume 2: Use of the Gray Literature and Other Data in Environmental Epidemiology. National Academies Press (US). https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK233637/

Fagiuoli, S., Shah, G., Wright, H. I., & Van Thiel, D. H. (1993). Types, causes, and therapies of hepatitis occurring in liver transplant recipients. Digestive Diseases and Sciences, 38(3), 449–456. https://doi.org/10.1007/BF01316498

ICD-10. (2019). In Wikipedia. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=ICD-10&oldid=905950367

ICD10TM2016VOL1_FINAL. (n.d.). Retrieved July 20, 2019, from http://www.thcc.or.th/ebook1/2016/mobile/index.html#p=4

Koos, B. J., & Longo, L. D. (1976). Mercury toxicity in the pregnant woman, fetus, and newborn infant. A review. American Journal of Obstetrics and Gynecology, 126(3), 390–409. https://doi.org/10.1016/0002-9378(76)90557-3

Leonard, B. E. (1993). Neurotoxicology. Edited by H. A. Tilson and C. L. Mitchell. Raven Press, New York, 1992. $136.50. ISBN 0-88167-849-x. Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental, 8(6), 447–448. https://doi.org/10.1002/hup.470080613

Luderer, U., Morgan, M. S., Brodkin, C. A., Kalman, D. A., & Faustman, E. M. (1999). Reproductive endocrine effects of acute exposure to toluene in men and women. Occupational and Environmental Medicine, 56(10), 657–666. https://doi.org/10.1136/oem.56.10.657

Martini, M. R., Fonseca, C. D., Comel, J. C., Santos, A. C., & Corso, C. O. (2017). Worker-Qol 76 – An Instrument For Evaluating Workers' Quality Of Life: A Description Of Its Construction And Key Psychometric Properties. 7(12), 8.

Pope, C. A. (1991). Respiratory hospital admissions associated with PM10 pollution in Utah, Salt Lake, and Cache Valleys. Archives of Environmental Health, 46(2), 90–97. https://doi.org/10.1080/00039896.1991.9937434

WHO | WHOQOL: Measuring Quality of Life. (n.d.). WHO. Retrieved June 15, 2018, from http://www.who.int/healthinfo/survey/whoqol-qualityoflife/en/

Yap, J., Ng, Y., Yeo, K. K., Sahlén, A., Lam, C. S. P., Lee, V., & Ma, S. (2019). Particulate air pollution on cardiovascular mortality in the tropics: Impact on the elderly. Environmental Health, 18. https://doi.org/10.1186/s12940-019-0476-4

กรมอนามัย. (2015). แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงจากมลพิษทางอากาศ. http://hia.anamai.moph.go.th/more_news.php?cid=317&filename=index

บทที่ 8

การวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการและมาตรฐาน (Laboratory Analysis and Laboratory Standard)

บทที่
8

การวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการและมาตรฐาน (Laboratory Analysis and Laboratory Standard)

โดย ดร.นายแพทย์ ธรรมสินธ์ อิงวิยะ

บทนำ

ในการวิเคราะห์หรือศึกษาทางระบาดวิทยาโดยทั่วไป รวมถึงระบาดวิทยาทางสิ่งแวดล้อมนั้น การตรวจทางห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจวัดปริมาณของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ หรือปริมาณของสารต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำ ดิน หรืออากาศ เป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งการประเมินว่าสารต่าง ๆ เหล่านี้อาจทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนได้หรือไม่นั้นจำเป็นต้องใช้วิธีการเก็บตัวอย่างและวิธีการตรวจทางห้องปฏิบัติการที่เหมาะสม ตัวอย่างผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและสุขภาพจากการประกอบกิจการ ต่าง ๆ เช่น การประกอบกิจกรรมเหมืองแร่ตะกั่ว ในพื้นที่หมู่บ้านคลิตี้ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี พบการ ปนเปื้อนของสารตะกั่วปริมาณสูงในลำห้วยคลิตี้ ซึ่งเกิดจากกระบวนการทำเหมืองแร่

การแปลผลการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องคำนึงถึง ความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ และการประเมินความตรงและความเที่ยงของการตรวจทางห้องปฏิบัติการนั้น รวมถึงข้อควรระวังเกี่ยวกับการส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการนั้น ๆ เนื่องจากหากวิธีการในแต่ละขั้นตอนตั้งแต่การเก็บตัวอย่าง การขนส่งตัวอย่าง หรือการตรวจวิเคราะห์มีความผิดพลาดจะทำให้ผลการวิเคราะห์นั้นผิดพลาดได้ ตัวอย่าง เช่น ในกรณีการเก็บตัวอย่างปัสสาวะเพื่อตรวจหา trans,trans muconic acid (t,t-MA) ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของการสัมผัสเบนซีน หากตัวอย่างถูกตั้งตากแดดเป็นเวลานานก็จะทำให้ t,t-MA สลายตัวทำให้การตรวจวัดปริมาณได้ค่าต่ำกว่าความเป็นจริง เป็นต้น

การทราบถึงหลักการในการเลือกการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการที่เหมาะสมและมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการจะทำให้การตรวจและการแปลผลมีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือ เหมาะสมสำหรับการสื่อสารความเสี่ยงต่อไป

นิยามคำสำคัญ

ค่าอ้างอิงทางห้องปฏิบัติการ (Reference Value) คือ ช่วงของค่าทางห้องปฏิบัติการซึ่งถือว่า เป็นช่วงปกติ เช่น ค่าปกติของน้ำตาลในพลาสมาขณะอดอาหาร คือ 70 -100 mg/dl เป็นต้น (Boyd, 2010)

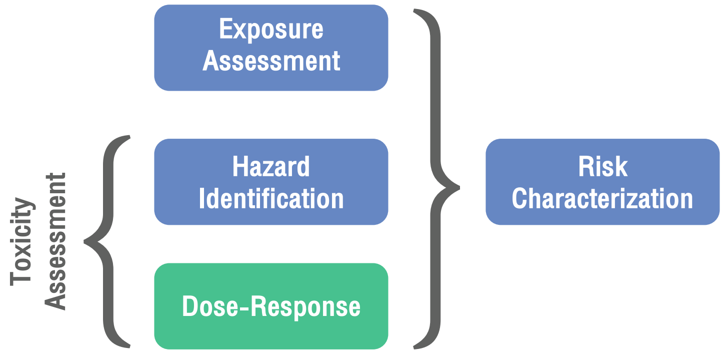
มาตรฐานทางห้องปฏิบัติการ ในหนังสือเล่มนี้หมายรวมถึง มาตรฐานในการวิเคราะห์ตัวอย่าง มาตรฐานในการเก็บตัวอย่าง และมาตรฐานในการแปลผลค่าทางห้องปฏิบัติการ

Limit of Detection (LOD) คือ ความเข้มข้นต่ำสุดที่วิธีทดสอบทางห้องปฏิบัติการนั้น ๆ สามารถตรวจพบได้

Limit of Quantitation (LOQ) คือ ความเข้มข้นต่ำสุดที่วิธีทดสอบทางห้องปฏิบัติการนั้น ๆ สามารถทดสอบและรายงานผลได้ โดยมีความตรง (validity หรือ accuracy) และความเที่ยง (reliability หรือ precision) ที่ยอมรับได้

หลักการในการส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการสำหรับระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม

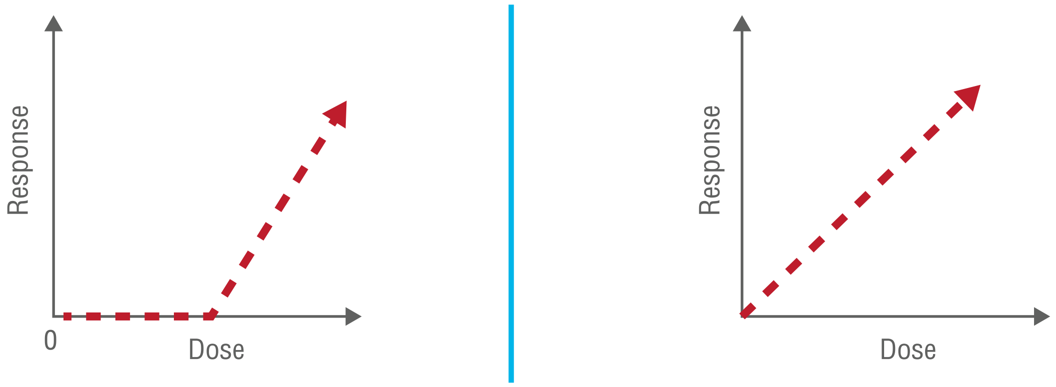
เนื่องจากการตรวจทางห้องปฏิบัติการบางรายการมีราคาที่สูง และบางกรณีอาจทำให้กลุ่มตัวอย่างต้องเจ็บตัวเพิ่ม เช่น ถูกเจาะเลือด อีกทั้งการตรวจยังมี โอกาสผิดพลาดได้จากปัจจัยต่างๆ มากมาย เช่น ขั้นตอนการเตรียมตัวก่อนตรวจของกลุ่มตัวอย่าง เป็นต้น จึงควรเริ่มด้วยหลักตามขั้นตอนของการประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) ซึ่งมี 4 ขั้นตอน ดังภาพที่ 8.1 (Epa, 2009)



ภาพที่ 8.1 ขั้นตอนในการประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)

1) การระบุ/ประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification) เป็นขั้นตอนแรกของการประเมินความเสี่ยง โดยการทบทวนวรรณกรรมและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ว่า ขั้นตอนของอุตสาหกรรม การทำงาน หรือผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ต้องการศึกษามีสิ่งคุกคามทางสุขภาพอะไรบ้าง และทำให้เกิดผลกระทบทางสุขภาพอย่างไร เป็นขั้นตอนที่มีการชี้บ่งว่ามีการสัมผัสสิ่งคามทางสุขภาพจากการทำงานหรือสิ่งแวดล้อมชนิดใดบ้าง

2) การประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose – Response Assessment) เป็นขั้นตอนของการทบทวนวรรณกรรมเพื่อประเมินขนาดสารสัมผัสกับผลกระทบต่อสุขภาพของสิ่งคุกคามหรือสารเคมีแต่ละชนิดที่ระบุได้จากข้อ 1) เพื่อสรุปว่า สารที่สนใจมีลักษณะผลกระทบสุขภาพแบบเป็นทำให้เกิดมะเร็งหรือไม่ทำให้เกิด และขนาดสารสัมผัสเท่าใดจึงจะทำให้เกิดผลกระทบสุขภาพ และลักษณะการสัมผัสแบบใดจึงทำให้เกิดผลกระทบสุขภาพ เช่น จำเป็นต้องสัมผัสมากระดับหนึ่ง จึงทำให้เกิดผลกระทบ ถ้าสัมผัสน้อยไม่เกิดผลกระทบ (Threshold: ภาพที่ 8.2 ซ้ายมือ) หรือสัมผัสเท่าใดก็เกิดผลกระทบ (No Threshold: ภาพที่ 8.2 ขวามือ) รวมทั้งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารเคมีที่ ได้รับและลักษณะการตอบสนองของร่างกายมนุษย์



ภาพที่ 8.2 ภาพลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง
แบบมี Threshold (ซ้ายมือ) และแบบไม่มี threshold (ขวามือ)

โดยขั้นตอนทั้งสองถือว่าเป็น toxicity assessment

3) การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment) เป็นวิธีการประมาณหรือตรวจวัดเพื่อประเมินปริมาณของสิ่งคุกคามที่บุคคล ประชากร สิ่งแวดล้อมได้รับ ซึ่งอาจทำได้ ผ่าน 3 วิธี คือ (1) การตรวจวัดสิ่งแวดล้อม (2) การใช้สมการคณิตศาสตร์ทำนายปริมาณสารสัมผัส (3) การตรวจวัดดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ จากขั้นตอนนี้จะทำให้ทราบหรือประมาณได้ว่าประชากรสัมผัสสิ่งคุกคามในปริมาณเท่าใด คำตอบที่ควรได้จากขั้นตอนนี้ คือ จำเป็นต้องมีการตรวจวัดทางห้องปฏิบัติการหรือไม่ และหากตรวจวัดควรตรวจวัดสารเคมีในสิ่งแวดล้อมหรือดัชนีชี้วัดทางชีวภาพสำหรับการประเมินสารสัมผัส (Internal Dose หรือ Biologically Effective Dose Biomarkers)

4) การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization) จากการประเมินความเสี่ยงข้างต้นทั้ง 3 ขั้นตอนจะนำมาสรุปว่า สิ่งคุกคามที่สัมผัสนั้นรวมถึงปริมาณที่สัมผัสมีความเสี่ยงในการเกิดผลกระทบทางสุขภาพหรือไม่ เพื่อนำไปสู่การวางแผนเลือกดัชนีชี้วัดทางชีวภาพที่เหมาะสมสำหรับการประเมินผลกระทบทางสุขภาพ (Biomarkers of Effects) รวมทั้งวิธีการเก็บและตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างทางชีวภาพที่ถูกต้องตามหลักวิชาการต่อไป

จากการประเมินความเสี่ยงดังกล่าวแล้วนั้น จะทำให้เราสามารถเลือกการตรวจวัดทางสิ่งแวดล้อม รวมทั้งดัชนีชี้วัดทางชีวภาพที่จำเป็นสำหรับการประเมินความเสี่ยงและสำหรับการประเมินผลกระทบทางสุขภาพ รวมถึงสำหรับการสื่อสารความเสี่ยง (Risk Communication) และวิธีการคืนข้อมูลที่ใช้สำหรับการสื่อสารความเสี่ยงที่เหมาะสม

ขั้นตอนเก็บตัวอย่าง ส่งตรวจและการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

ตามขั้นตอนของการประเมินความเสี่ยง ทำให้ทราบชนิดของสิ่งคุกคามซึ่งสามารถ นำมากำหนดการตรวจสิ่งแวดล้อมและดัชนีชี้วัดทางชีวภาพที่จะตรวจในประชาชนที่อาจจะได้รับผลกระทบ ดังนั้น เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนทำการเก็บตัวอย่าง จะต้องศึกษาวิธีมาตรฐานการเก็บและวิธีการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการของสารเคมีแต่ละชนิด และที่สำคัญก่อนลงพื้นที่เก็บตัวอย่าง

1) ขั้นตอนการตรวจทางห้องปฏิบัติการ แบ่งเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

1.1) ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง (Sampling Collection)

ในเก็บตัวอย่างนั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยสำคัญ ดังต่อไปนี้

การเก็บตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อม ที่จะทำการเก็บตัวอย่าง โดยควรเป็นตัวอย่างมาตรฐานตามทบทวนวรรณกรรมและตรงจุดประสงค์ของการสำรวจครั้งนั้นๆ ถ้าเป็นตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อมที่จะเก็บต้องเก็บตามมาตรฐานของตัวอย่างนั้นๆ เช่น

- ดิน มีวิธีการเก็บตามมาตรฐานที่ต้องศึกษารายละเอียด โดย เช่น ถ้าจะเก็บดินระดับตื้น จะขุดลึกไม่เกิน 0.3 เมตร และต้องปาดหน้าดินส่วนที่สัมผัสกับอุปกรณ์ที่เก็บ ก่อนเก็บตัวอย่างและใส่ภาชนะที่เหมาะสมกับสารที่ต้องการทดสอบ เช่น หากวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยต้องเก็บใส่ภาชนะเหล็กกล้าไร้สนิม และปิดภาชนะให้แน่น (ส่วนมลพิษดิน กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2020)
- น้ำ ต้องคำนึงถึงเครื่องมือที่ใช้เก็บ เวลา จุดที่ใช้เก็บ และอุปกรณ์ที่ใช้เก็บ เช่น หากเป็นขวดเก็บตัวอย่างน้ำ ต้องเหมาะสมกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ บางครั้งจำเป็นต้องล้างด้วยตัวทำละลายหลายครั้งก่อนเก็บตัวอย่าง
- อากาศ การเก็บตัวอย่างจำเป็นต้องคำนึงถึง ลักษณะของสารที่ตรวจ ระยะเวลาที่เก็บ เช่น เก็บข้อมูล 8 ชั่วโมง ความถี่ในการเก็บ และลักษณะของเครื่องมือที่เก็บควรเหมาะสม กับอากาศที่จะเก็บ เช่น เป็น absorbent สำหรับสารเคมีระเหยง่าย หรือใช้ filter ให้ถูกขนาดหากเป็นการเก็บตัวอย่างฝุ่น เป็นต้น

การเก็บตัวอย่างทางชีวภาพ ต้องคำนึงถึงความคุ้มค่า ประโยชน์ใช้สอย และการแปลผล เนื่องจากการเก็บตัวอย่างทางชีวภาพมักมีราคาแพง และหากต้องเก็บในประชากรหลายคนจะมีมูลค่า ค่อนข้างมาก ดังนั้น จึงควรคำนึงถึงตัวอย่างที่ต้องการเก็บเป็นอย่างดี โดยสามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก เว็บไซต์ของ Center for Disease Control (CDC) ผ่านทาง https://www.cdc.gov/DiseasesConditions/

การทดสอบดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของสารแต่ละชนิดมีกลไกและมาตรฐานในการเก็บตัวอย่างไม่เหมือนกันและขึ้นกับจุดประสงค์ ตัวอย่าง เช่น กรณีการเก็บตัวอย่างดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของตะกั่ว จริง ๆ แล้วมีการตรวจได้หลายลักษณะ เช่น ตะกั่วในเลือด ในเส้นผม และในกระดูก แต่การเลือกเก็บตัวอย่างก็ควรเลือกตามความเหมาะสมและผลข้างเคียงจากการตรวจ โดยมากมักจะแนะนำการตรวจเลือดเพื่อวัดปริมาณสารตะกั่ว เนื่องจากมีค่าครึ่งชีวิตพอเหมาะประมาณ 90-120 วัน และมีเกณฑ์ค่าอ้างอิงที่ชัดเจน ส่วนการเก็บข้อมูลโดยเส้นผม มีข้อจำกัด คือ ปริมาณตะกั่วที่เก็บได้อาจเกิดจากการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอก อาจมิใช่ปริมาณที่สัมผัสจริง และการตรวจตะกั่วในกระดูกยังเพิ่มความเสี่ยงในการสัมผัสกัมมันตภาพรังสีอีกด้วย นอกจากเลือดแล้ว การเก็บตัวอย่างปัสสาวะหรือสารคัดหลั่ง อื่น ๆ ยังต้องคำนึงถึงข้อสำคัญหลายประการ เช่น ปัสสาวะชนิด Spot Urine เพื่อตรวจเชื้อหรือเม็ดเลือดแดง จำเป็นต้องเก็บช่วงกลางหลังจากปัสสาวะทิ้งไปบ้างแล้วเพื่อให้ไม่มีการปนเปื้อนและไม่อยู่ในช่วงมีประจำเดือนในผู้หญิงทำให้แปลผลไม่ได้ เป็นต้น

ระยะเวลาที่เก็บ (timing) เช่น เก็บตัวอย่างก่อนทำงาน ระหว่างทำงาน หรือเก็บเวลาใดก็ได้ ในประชากรทั่วไปอาจต้องคำนึงถึงระยะเวลา เช่น ขณะอดอาหารครบ 8 ชั่วโมงในการตรวจน้ำตาล งดอาหารทะเล 3 วันหากตรวจหาสารหนู เป็นต้น

1.2) ขั้นตอนการส่งตรวจ

การส่งตัวอย่างก็เป็นสิ่งจำเป็น เพื่อลดความผิดพลาดจากการแปลผล การส่งตรวจหรือการรักษาตัวอย่างระหว่างการขนส่งตรวจจึงเป็นสิ่งจำเป็น ตัวอย่าง เช่น เลือดหรือปัสสาวะหากไม่สามารถส่งตรวจได้ทันที ให้เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส เป็นต้น ซึ่งจำเป็นต้องเตรียม cool back ก่อนบรรจุในกล่องโฟม เป็นต้น หรือสารบางชนิดจำเป็นต้องบรรจุในขวดสีชาหรือทึบแสงเพื่อป้องกันการสูญสลายจากการโดนแสง UV เป็นต้น

1.3) ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

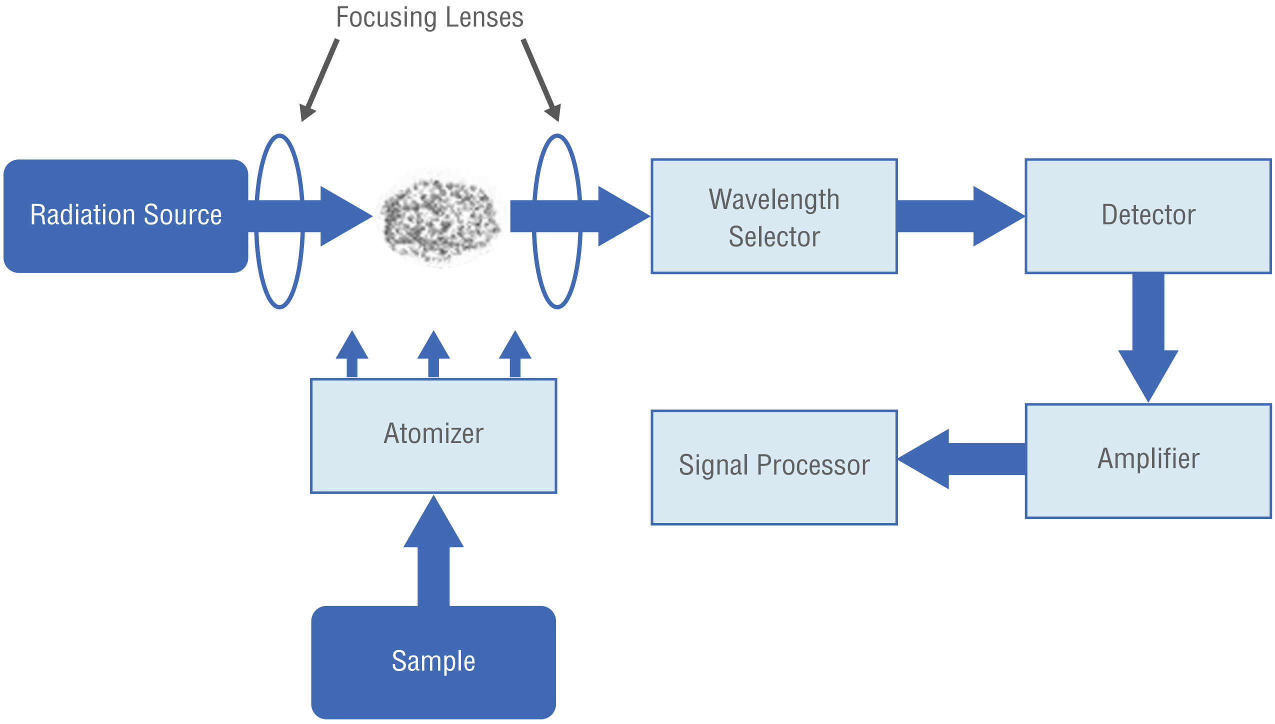
การตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการควรใช้เทคนิคในการวิเคราะห์ที่เหมาะสม โดยหลักการคือ หากใช้ค่าอ้างอิงหรือค่า reference ของที่ใด เช่น CDC, OSHA ก็ควรใช้เทคนิคทางห้องปฏิบัติการเดียวกันกับค่าอ้างอิง เพื่อให้เทียบเคียงกับค่าอ้างอิงนั้นได้ โดยทั่วไปแล้วขั้นตอนในการวิเคราะห์ตัวอย่างจะประกอบด้วย การเตรียมตัวอย่าง (Sampling preparation) เช่น ตัวอย่างปัสสาวะ อาจต้องมีการจัดการสิ่งแปลกปลอมด้วยเทคนิคต่าง ๆ ก่อนการวิเคราะห์ เช่น การแกว่ง centrifuge เพื่อให้ตกตะกอน หรือการดึงสิ่งแปลกปลอมออกด้วยเทคนิค acid hydrolysis เป็นต้น ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ส่วนใหญ่จะมีการทำงาน 2 หลักใหญ่ ๆ คือ

(1) Chromatography เป็นการแยกสารประกอบด้วยการใช้ตัวทำละลาย ซึ่งอยู่ในรูปของก๊าซ (Gas Chromatography: GC) ของเหลว (Liquid Chromatography: LC) และไอออน (Ion Chromatography: IC)

(2) Absorbance Spectroscopy ใช้หลักการดูดซับแสงสำหรับการระบุและวัดปริมาณสารเคมีนั้น ๆ โดยดูลักษณะเฉพาะของความถี่และความยาวคลื่น ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของสารนั้นๆ และใช้ความเข้มเป็นตัวบอกปริมาณของสารเคมี (Rodger & Wormell, 2013) ซึ่งมีหลายประเภท ได้แก่ Atomic Absorption Spectroscopy, UV-visible spectroscopy และ Automated chemistry

โดยหลักการทำงานโดยทั่วไปสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 8.3



ภาพที่ 8.3 หลักการทำงานของ Absorbance Spectroscopy

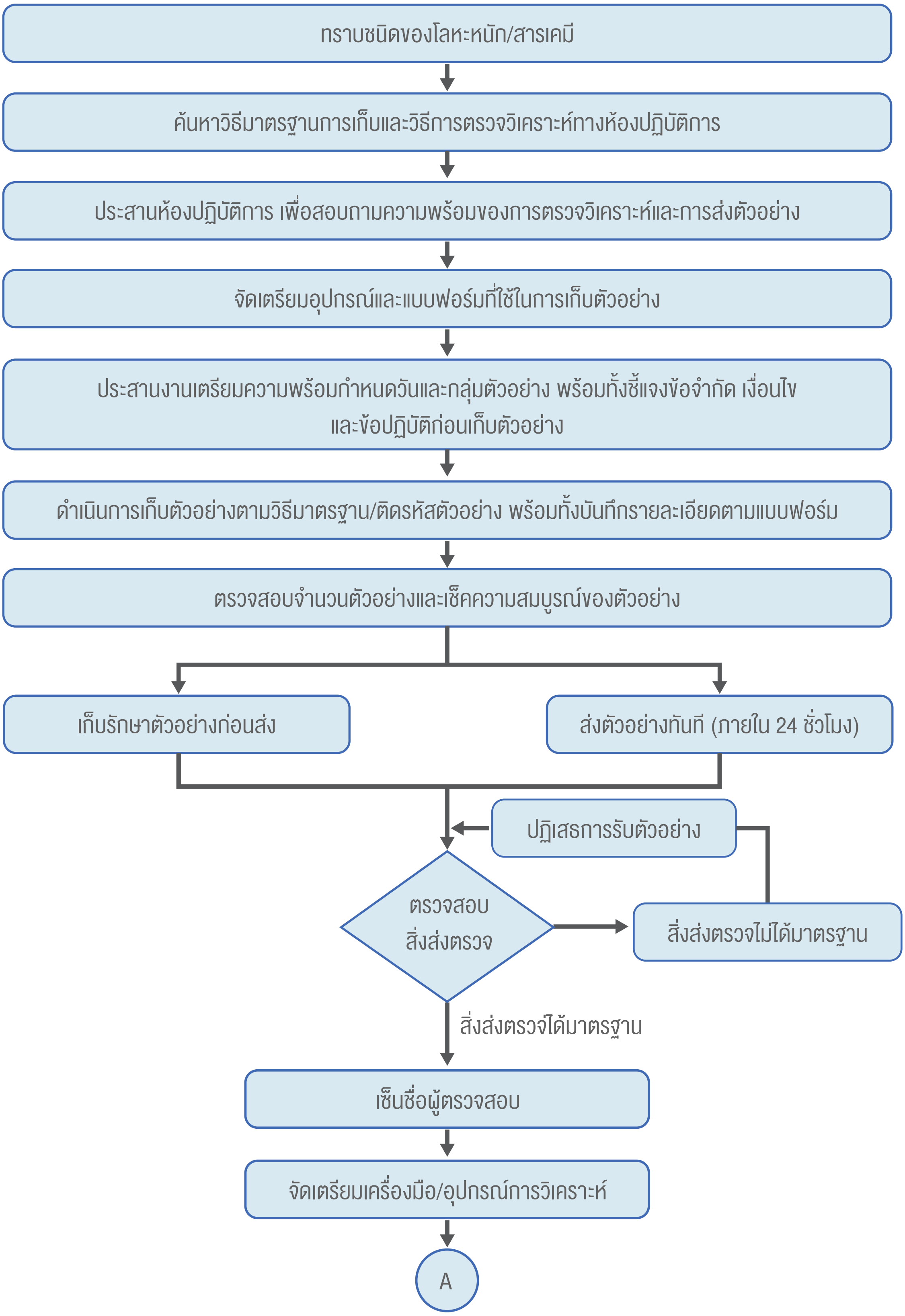
การเลือกวิธีการตรวจที่เหมาะสมทำได้โดยการอ้างอิงหลักการตรวจจากองค์กรต่างประเทศ โดยมากในประเทศไทยมักอ้างอิงค่าจากองค์กรในสหรัฐอเมริกา เช่น Center of Disease Control (CDC) หรือ World Health Organization (WHO) หากการตรวจนั้นเป็นการตรวจในประชากรทั่วไป และหากเป็นคนงาน เช่น Occupational Safety and Health Administration (OSHA) หรือ American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)

2) ขั้นตอนในการเก็บและส่งตัวอย่างทางห้องปฏิบัติการในงานลงพื้นที่

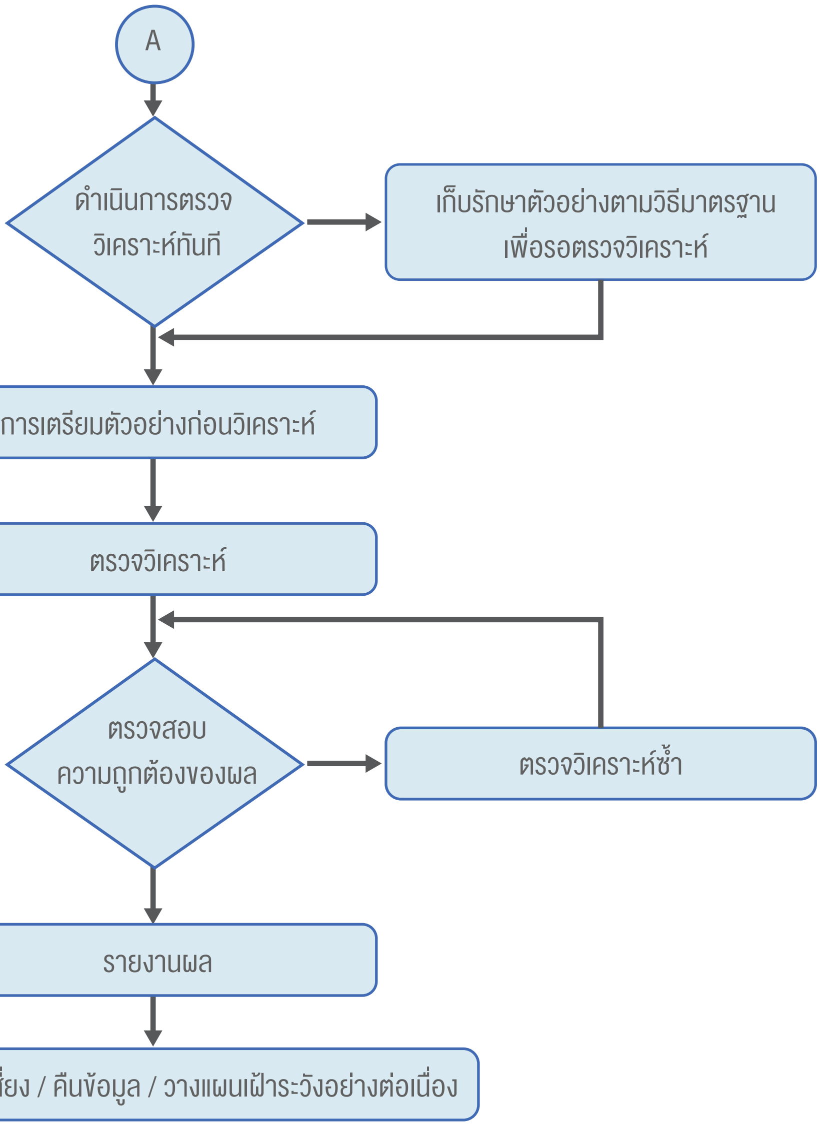
เพื่อให้การเก็บและส่งตัวอย่างมีความผิดพลาดน้อยที่สุด ก่อนลงพื้นที่เก็บตัวอย่างควรประสานงานกับห้องปฏิบัติการเพื่อสอบถามความพร้อมของการตรวจวิเคราะห์และการส่งตัวอย่างของแต่ละห้องปฏิบัติการเนื่องจากห้องปฏิบัติการแต่ละแห่งมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการบริหารจัดการ และการพัฒนาศักยภาพในการตรวจวิเคราะห์ ทำให้พารามิเตอร์ที่รับตรวจวิเคราะห์อาจแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับมาตรฐานที่ได้รับการรับรองแยกตามรายพารามิเตอร์

เมื่อประสานห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ได้ตามมาตรฐานในพารามิเตอร์ที่ได้จากการประเมินสิ่งคุกคามแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการจัดเตรียมอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับจำนวนตัวอย่างที่ได้วางแผนไว้จากนั้นทำการประสานงานไปยังพื้นที่ที่จะทำการเก็บตัวอย่าง เพื่อเตรียมความ พร้อม กำหนดวัน และกลุ่มตัวอย่าง

เมื่อทำการเก็บตัวอย่างครบตามจำนวนแล้วต้องมีการตรวจสอบจำนวนตัวอย่างและเช็คความ สมบูรณ์ของตัวอย่างก่อนส่งไปยังห้องปฏิบัติการ และควรส่งตัวอย่างไปยังห้องปฏิบัติการในทันทีภายใน 24 ชั่วโมง หากไม่สามารถส่งตัวอย่างได้ทันที ต้องมีการเก็บรักษาตัวอย่างตามมาตรฐานที่กำหนด เมื่อตัวอย่างทางชีวภาพถูกส่งมาถึงห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการตรวจสอบสิ่งส่งตรวจถึง คุณภาพของตัวอย่าง รวมทั้งตรวจสอบจำนวนสิ่งส่งตรวจให้ตรงตามใบส่งตัวอย่างต่อไป โดยรายละเอียดขั้นตอนการเก็บและส่งตัวอย่างสามารถสรุปได้ตามแนวทางการเก็บตัวอย่าง ของกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ได้ดังภาพที่ 8.4 และ ภาพที่ 8.5



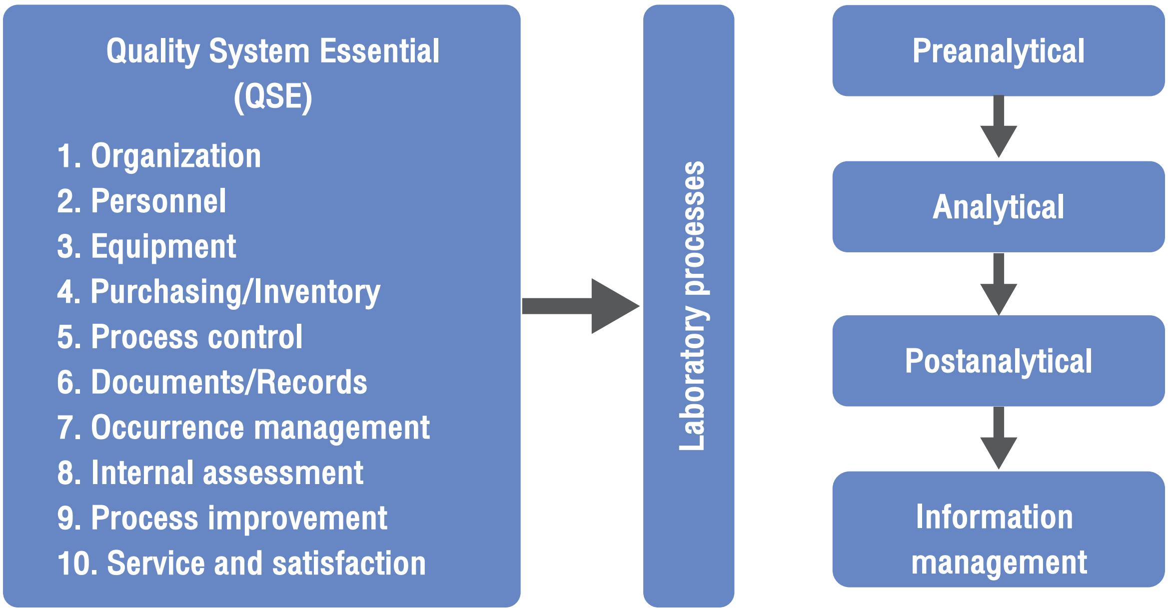
ภาพที่ 8.4 ขั้นตอนการดำเนินงานเก็บตัวอย่าง ส่งตรวจ และตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ จากแนวปฏิบัติการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างทางชีวภาพสำหรับเหมืองแร่ (กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2563)



ภาพที่ 8.5 ขั้นตอนการดำเนินงานเก็บตัวอย่าง ส่งตรวจ และตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ จากแนวปฏิบัติการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างทางชีวภาพสำหรับเหมืองแร่ (ต่อ)
(กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม & กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2563)

มาตรฐานทางห้องปฏิบัติการ

คำว่า มาตรฐานทางห้องปฏิบัติการ เป็นคำกว้าง ๆ ซึ่ง หากตามนิยามตามมาตรฐานห้องปฏิบัติการของไทยแล้ว จำเป็นต้องประเมินหลายด้านด้วยกัน ได้แก่ เจ้าหน้าที่ อุปกรณ์ การจัดซื้อ การบำรุงรักษาและมาตรฐานการรายงานผล ซึ่งสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 8.6 และอาจหมายถึงการขอการรับรองมาตรฐาน เช่น ISO อีกด้วย แต่ในหนังสือฉบับนี้จะกล่าวถึงเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ระบาดวิทยาจำเป็นต้องกล่าวถึง คือ เรื่องของการควบคุมคุณภาพ (Quality Control) เท่านั้น



ภาพที่ 8.6 สรุปมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการในประเทศไทย

การควบคุมคุณภาพ (Quality Control)

แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1) Internal Quality Control การควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการ

การควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการ มีศัพท์สำคัญที่ควรรู้ดังนี้

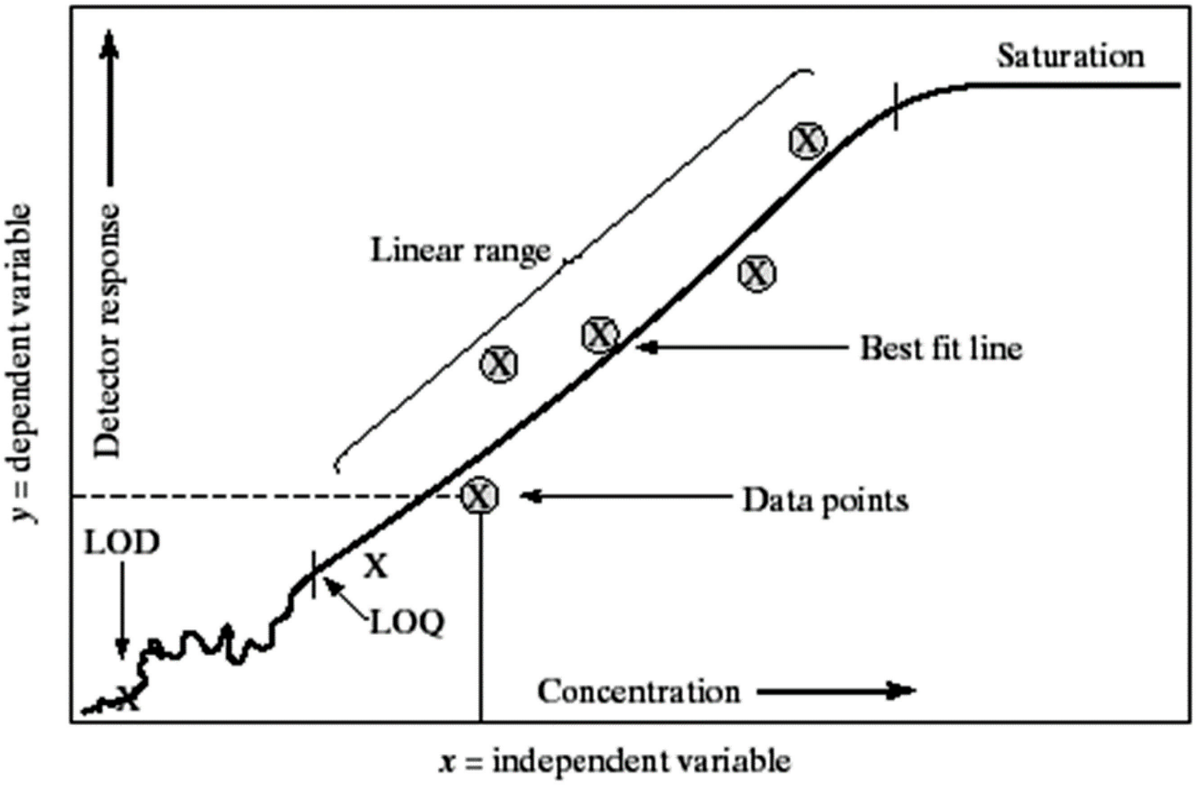
ความตรง (Accuracy หรือ Validity) โดยมากมักจะดูค่า % recovery เป็นหลักซึ่งคำนวณจาก ปริมาณที่วัดได้/ปริมาณสารที่มีจริงในตัวอย่างซึ่งได้จากการเตรียม โดยมากวิธีทางห้องปฏิบัติการที่ดีควรมีค่าอยู่ประมาณ 80-110%

ความเที่ยง (Precision หรือ Reliability) เป็นค่าที่ดูว่าการตรวจวัดนั้นจะได้ค่าซ้ำเดิมเพียงใด โดยการทดสอบตัวอย่างที่รู้ค่าแน่ชัดซ้ำ หลายครั้งและคำนวณหาค่าที่มักจะใช้บ่อยคือ Coefficient of Variation ซึ่งได้จากการสูตร mean/standard deviation: SD โดยมากมักยึดค่าต่ำว่า 10% ถือว่ามีความเที่ยงที่ยอมรับได้

ค่า Limit of detection (LOD) คือ ความเข้มข้นต่ำสุดที่วิธีทดสอบนั้นๆ สามารถตรวจพบได้

ค่า Limit of quantification (LOQ) คือ ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่วิธีทดสอบนั้นๆ สามารถทดสอบและรายงานผลได้ โดยมี accuracy และ precision ที่ยอมรับได้ โดยมาก accuracy อยู่ที่ 80-110 และ precision ที่ไม่เกิน 10%

ซึ่งโดยทั่วไปแล้วความสัมพันธ์ จะอยู่ในรูปที่ LOQ >= LOD ดังภาพที่ 8.7



ภาพที่ 8.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง LOQ และ LOD

นอกจากนี้ยังมีเทคนิคที่ควรรู้จัก ได้แก่

Reagent Blank ทดสอบทุกขั้นตอนเช่นเดียวกับการทดสอบตัวอย่าง แต่ไม่ต้องมีตัวอย่างโดยใช้สารทำละลายแทน เป็นการทดสอบคุณภาพของวิธีการทางห้องปฏิบัติการแบบหนึ่ง แต่ข้อเสีย คือ อาจได้คุณภาพดีกว่าความเป็นจริงเพราะไม่โดน interfere จากสารชีวภาพที่จะตรวจ เช่น ค่า background น้อย เป็นต้น

Sample Blank วัตถุที่มี matrix เหมือนกับตัวอย่าง แต่ไม่มีสารที่ทดสอบอยู่ในตัวอย่างนั้น ปกติใช้เพื่อการทดสอบคุณภาพแต่ละ batch ของการทดลอง

Duplicate Analysis หรือเรียกว่าการทำสองซ้ำ คือ การนำตัวอย่างแบ่งเป็นสองตัวอย่างและทำการวิเคราะห์พร้อมกัน เพื่อวัดคุณภาพและควบคุมคุณภาพ โดยค่าที่วัดได้ไม่ควรต่างกันเกิน 10%

Spiked sample/Fortified sample คือ การเติมสารที่ต้องการทดสอบลงในตัวอย่างตามปริมาณที่ต้องการ โดยอาจใช้ในการหา % recovery หรือการหา LOD

โดยมากมักใช้ Sample Blank และ/หรือ Spike Sample แทรกหรือปนไปกับการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างจริง เพื่อเป็นการควบคุมและวัดคุณภาพระหว่างการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

2) External Quality Control เช่น

การเปรียบเทียบระหว่างห้องปฏิบัติการ ทำได้โดยการส่งตัวอย่างชนิดเดียวกัน หรือ blank sample หรือ fortified sample และเปรียบเทียบค่าระหว่างห้องปฏิบัติการว่า มีความเหมือนหรือต่างกันอย่างไร หากมีความต่างกันมากอาจต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องและเทคนิค เพื่อหาจุดแตกต่างกัน ตัวอย่าง เช่น การส่งตรวจ t,t-MA ที่จังหวัดระยองที่มีการทดสอบคุณภาพระหว่างห้องทดลอง 3 ห้องทดลอง เป็นต้น

การเข้าร่วมโปรแกรมทดสอบความชำนาญ เช่น การเทียบเคียงหรือการขอมาตรฐาน ISO 15189 เป็นต้น

ข้อพิจารณาอื่นๆ ในสำหรับการส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ

ปัจจัยกวนที่ทำให้การแปลผลอาจเกิดความผิดพลาด

ปัจจัยกวนเหล่านี้ จะได้จากการทบทวนวรรณกรรมว่าปัจจัยใดมีผลต่อสารเคมีที่ต้องการวัดบ้าง ตัวอย่างเช่น t,t-MA นอกจากการสัมผัสเบนซีนแล้วอาจจะมีความผิดพลาดมีค่าสูงได้จากการทานอาหารที่มี sorbic acid เป็นส่วนผสม เช่น น้ำผลไม้ ไส้กรอก หรือเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เป็นต้น (Weaver et al., 2000) หรือการบริโภคอาหารทะเลทำให้ค่าสารหนูโดยรวมสูง ซึ่งจริง ๆ แล้วสารหนูที่ได้จากการกินอาหารทะเลเป็นชนิดไม่อันตราย (Taylor et al., 2017) ข้อควรระวังคือการสูบบุหรี่มักจะมีผลต่อสารเคมีและดัชนีชี้วัดทางชีวภาพหลายชนิด เช่น โลหะหนัก และสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

ค่าอ้างอิงสำหรับประชากรปกติ

ค่าอ้างอิงในทางของอนามัยสิ่งแวดล้อมและอาชีวอนามัยมีข้อสังเกตหลัก ๆ คือ

อาชีวอนามัย เป็นค่าอ้างอิงสำหรับคนงาน ซึ่งมักอ้างอิง การสัมผัส 8 ชั่วโมงต่อวัน 5 วันต่อสัปดาห์ และ 50 สัปดาห์ต่อปี ดังนั้นค่าอ้างอิงมักจะมีค่าสูงกว่าที่พบได้ในประชากรทั่วไป องค์กรที่เกี่ยวข้องกับค่าอ้างอิงนี้ เช่น OSHA ในอเมริกาทำหน้าที่บังคับใช้กฎหมายเกี่ยวกับอาชีวอนามัย ทำให้ค่าอ้างอิงมักจะสูง เนื่องจากคำนึงถึงเศรษฐกิจและความเป็นไปได้ในการบังคับใช้กฎหมาย ACGIH ในอเมริกาเป็นองค์กรให้คำแนะนำเรื่องค่าอ้างอิง ไม่มีบทลงโทษทางกฎหมาย โดยทั่วไปค่าอ้างอิงมักจะต่ำกว่า OSHA ในสารชนิดเดียวกัน

อนามัยสิ่งแวดล้อม เป็นค่าในประชากรปกติ คิดการสัมผัส 24 ชั่วโมงต่อวัน และทุกวัน โดยมากมักไม่มีการพูดถึงค่าอ้างอิงของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพมากนัก มักจะพูดถึงค่าอ้างอิงในสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก องค์กรที่มีการแนะนำค่าอ้างอิง ได้แก่ Environmental Protection Agency (EPA) ซึ่งมักพูดถึงค่าอ้างอิงในสิ่งแวดล้อม และ CDC ซึ่งพูดถึงค่าอ้างอิงของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ

ในกรณีที่ไม่มีค่าอ้างอิงแน่ชัด มักจะอาศัยกลไกการให้ความเห็นจากคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญ โดยมักจะอ้างอิงค่าคำนวณจากประชากรทั่วไป โดยยึดค่าที่ความเชื่อมั่น 95% หรือค่าที่อยู่ระหว่าง เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 2.5 และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 97.5 ของประชากรเป็นค่าปกติ

เอกสารอ้างอิง

Boyd, J. C. (2010). Defining laboratory reference values and decision limits: Populations, intervals, and interpretations. Asian Journal of Andrology, 12(1), 83–90. https://doi.org/10.1038/aja.2009.9

Epa, N. R. C. (US) C. on I. R. A. A. U. by the U. S. (2009). Evolution and Use of Risk Assessment in the Environmental Protection Agency: Current Practice and Future Prospects. In Science and Decisions: Advancing Risk Assessment. National Academies Press (US). https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK214619/

Rodger, A., & Wormell, P. (2013). Absorption Spectroscopy: Practical Aspects. In G. C. K. Roberts (Ed.), Encyclopedia of Biophysics (pp. 33–35). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-16712-6_779

Taylor, V., Goodale, B., Raab, A., Schwerdtle, T., Reimer, K., Conklin, S., Karagas, M. R., & Francesconi, K. A. (2017). Human exposure to organic arsenic species from seafood. The Science of the Total Environment, 580, 266–282. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.113

Weaver, V. M., Buckley, T., & Groopman, J. D. (2000). Lack of specificity of trans,trans-muconic acid as a benzene biomarker after ingestion of sorbic acid-preserved foods. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev, 9(7), 749–755.

กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม & กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2563). แนวปฏิบัติการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่าง ทางชีวภาพ สำหรับเหมืองแร.

ส่วนมลพิษดิน กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2020). คู่มือการสำรวจและตรวจสอบการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินจากการประกอบการอุตสาหกรรม. โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ. http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER19/DRAWER079/GENERAL/DATA0000/00000013.PDF

บทที่ 9

ความผิดพลาดทางการวัดและการเก็บข้อมูลที่เกิดขึ้นได้บ่อย ในกรณีของอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม
(Measurement Error and Common Pitfall in Occupational and Environmental Health)

บทที่ 9

ความผิดพลาดทางการวัดและการเก็บข้อมูลที่เกิดขึ้นได้บ่อยในกรณีของอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม (Measurement Error and Common Pitfall in Occupational and Environmental Health)

โดย ดร.นายแพทย์ ธรรมสินธ์ อิงวิยะ

บทนำ

งานด้านอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อมนั้นหลายครั้งจำเป็นต้องใช้รูปแบบการวิจัยหรือการสอบสวนทางระบาดวิทยาที่หลากหลายในการได้มาซึ่งคำตอบหรือแนวทางปฏิบัติสำหรับสถานการณ์ที่อาจหรือมีผลกระทบทางสุขภาพต่อคนงานหรือประชากรทั่วไป จากข้อจำกัดหลายประการในแต่ละสถานการณ์อาจจะนำมาซึ่งความลำเอียงหรือความผิดพลาดในการเก็บข้อมูลหรือเก็บตัวอย่าง หรือแม้กระทั่งการแปลผลการวิเคราะห์ตัวอย่างได้ ความคลาดเคลื่อนทางการวัดอาจนำไปสู่การสื่อสารความเสี่ยงที่ผิด ทำให้เกิดผลกระทบในทางลบหรือสร้างความกังวลกับประชากรได้

ความคลาดเคลื่อนในรูปแบบการเก็บข้อมูลหรือวิจัยทางระบาดวิทยาโดยทั่วไปนั้นอาจแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม (Random Error) และความคลาดเคลื่อนอย่างมีระบบ (Systematic Error) การรู้จักประเภทและลักษณะของความคาดเคลื่อนประเภทต่างๆ จะทำให้ผู้ทำงานด้านอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม สามารถป้องกันความคลาดเคลื่อนทางการวัดซึ่งอาจนำไปสู่การแปลผลผิดพลาดได้

ความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม (Random Error) นั้น ในหลายสถานการณ์สามารถแก้ไขได้ด้วยการวัดหรือเก็บข้อมูลซ้ำ แต่การแก้ไขความคลาดเคลื่อนอย่างมีระบบ (Systematic Error) หรือความลำเอียง (Bias) นั้นทำได้ยาก ดั้งนั้นจึงควรป้องกันหรือลดความลำเอียงตั้งแต่การวางแผนและรูปแบบการวิจัย

ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงประเภท และลักษณะของความคาดเคลื่อนประเภทต่าง ๆ รวมถึงยกตัวอย่างกรณีศึกษาที่อาจเกิดความคาดเคลื่อนจากการวัดได้

นิยามคำสำคัญ

ความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม (Random Error) คือ ความคาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นด้วยโอกาส (chance) ซึ่งทำให้ค่าคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง โดยมีความคลาดเคลื่อนที่ไม่แน่นอน (Chapter 4. Measurement Error and Bias, 2020)

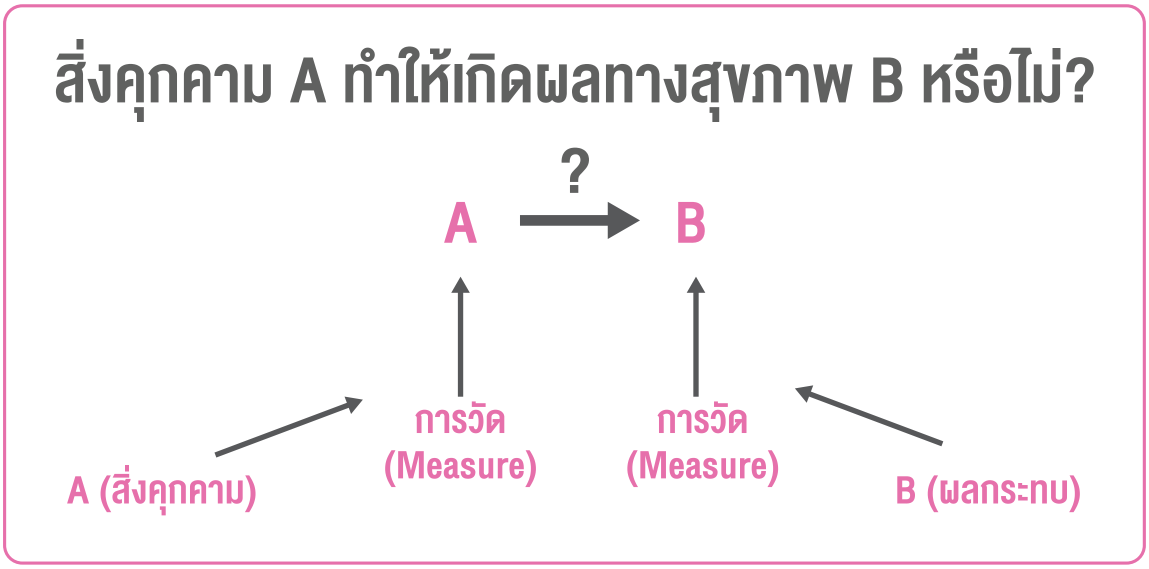
ความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบ (Systematic Error) หรือความลำเอียง (Bias) คือ ความคาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบ โดยอาจเกิดจากความคาดเคลื่อนของเครื่องมือ หรือระบบการเก็บข้อมูล ซึ่งทำให้ค่าคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง โดยมีทิศทางและขนาดที่ค่อนข้างแน่นอน (Chapter 4. Measurement Error and Bias, 2020)

การวัด (Measurement)

โดยทั่วไปแล้วงานทางอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อมมักจะประสบกับคำถามและต้องการคำตอบในแง่ของว่าสิ่งสัมผัสนั้น ๆ ทำให้เกิดผลกระทบทางสุขภาพหรือไม่ และอย่างไร ตัวอย่าง เช่น ในพื้นที่มีการปนเปื้อนของตะกั่วในน้ำก็ต้องการทราบว่า การสัมผัสตะกั่วดังกล่าวจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพหรือไม่อย่างไร

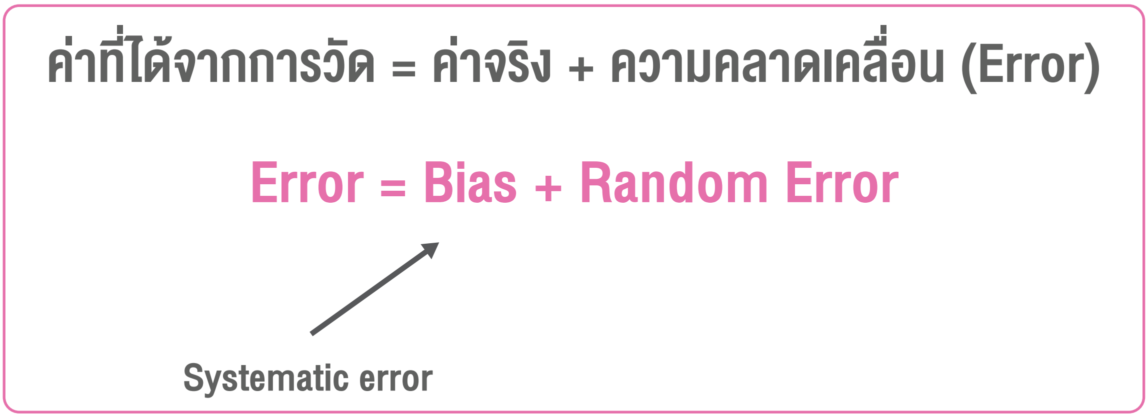
การจะได้มาซึ่งคำตอบดังกล่าว จำเป็นต้องมีการวัดระดับสิ่งสัมผัส และวัดหรือประเมินผลกระทบทางสุขภาพ ดังตัวอย่างในภาพที่ 9.1 หากต้องการทราบว่าสิ่งคุกคาม A จะมีผลกระทบต่อสุขภาพ B หรือไม่ จำเป็นต้องมีการวัด ทั้งฝั่งสิ่งคุกคาม A และผลกระทบ B เพื่อการวิเคราะห์เชื่อมโยง

ตัวอย่างเช่น หาก A คือ ตะกั่ว ดังตัวอย่างข้างต้น การจะประเมินสิ่งคุกคามว่า เป็นอันตรายหรือไม่ อาจจำเป็นต้องทำการวัด ด้วยวิธีการต่าง ๆ ตัวอย่าง เช่น วัดระดับตะกั่วในน้ำ หรือเจาะเลือดวัดระดับตะกั่วในเลือด เป็นต้น ในขณะที่ผลกระทบ B ก็จำเป็นต้องได้รับการวัดหรือประเมินเช่นกัน เช่น หาก B คือ พัฒนาการของเด็กก็จำเป็นต้องมีการประเมินพัฒนาการของเด็กด้วยเครื่องมือต่างๆ อาทิเช่น คู่มือเฝ้าระวังและส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัย (DSPM) หรือแบบทดสอบดัชนีสติปัญญาชนิดต่างๆ เช่น Denver เป็นต้น



ภาพที่ 9.1 แสดงความสัมผัสระหว่างสิ่งคุกคามและผลกระทบทางสุขภาพ และการวัด

โดยการวัดเหล่านี้ไม่ว่าจะทำโดยการสังเกตหรือการใช้เครื่องมือต่าง ๆ อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ทั้งสิ้น โดยความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้กับความคลาดเคลื่อนดังแสดงในภาพที่ 9.2 โดยค่าที่วัดได้จะประกอบด้วยค่าจริงและค่าความคาดเคลื่อน ซึ่งความคาดเคลื่อนนั้นแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังจะกล่าวต่อไป



ภาพที่ 9.2 แสดงความสัมผัสค่าที่ได้จากการวัดและความคลาดเคลื่อน (Error)

ประเภทของความคลาดเคลื่อน (Error)

ดังที่กล่าวในบทนำแล้ว คือความคลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาดในการวัดโดยมากแล้วจะแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ ซึ่งสัมพันธ์กับค่าที่ได้จากการสังเกตหรือการวัดโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ

1) ความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม (Random Error)

คือ ความคาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นด้วยโอกาส (chance) ซึ่งทำให้ค่าคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง โดยมีความคลาดเคลื่อนที่ไม่แน่นอน (Chapter 4. Measurement Error and Bias, 2020) ตัวอย่างเช่น การชั่งน้ำหนัก เครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความไม่เที่ยงอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่มได้มาก โดยน้ำหนักจริงอยู่ที่ 80 กิโลกรัม แต่น้ำหนักจากเครื่องชั่งน้ำหนักอาจจะชั่งได้แตกต่างกันในแต่ละครั้ง เช่น 77, 78, 80, 82, 84 กิโลกรัม ในการชั่งครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 5 เป็นต้น ซึ่งเป็นตัวอย่างหนึ่งของความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม

ในเชิงทฤษฎีนั้นพบว่า หากมีการวัดซ้ำๆ กันหลายครั้งด้วยเครื่องมือที่มีความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มเมื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยดังกล่าวจะเข้าใกล้ค่าจริง (Regression toward the mean) ดังนั้นในการลดความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม จึงมักมีคำแนะนำหรือแนวทางการปฏิบัติให้มีการวัดโดยเครื่องมือนั้น ๆ ซ้ำ ๆ และหาค่าเฉลี่ยจากการวัดหลายครั้ง ตัวอย่าง เช่น ในการวัดความดันโลหิต แนะนำให้มีการวัด 3 ครั้งและนำมาหาค่าเฉลี่ย หรือการวัดทางห้องปฏิบัติการหลายชนิดจะแนะนำให้มีการทำซ้ำสองครั้งหรือสามครั้ง (Duplicated Sample)

2) ความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบ (Systematic Error) หรือความลำเอียง (Bias)

คือ ความคาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบ โดยอาจเกิดจากความคาดเคลื่อนของเครื่องมือ หรือระบบการเก็บข้อมูล ซึ่งทำให้ค่าคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง โดยมีทิศทางและขนาดที่ค่อนข้างแน่นอน (Chapter 4. Measurement Error and Bias, 2020)

ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะแบ่งเป็น 2 ชนิดเท่านั้น คือ

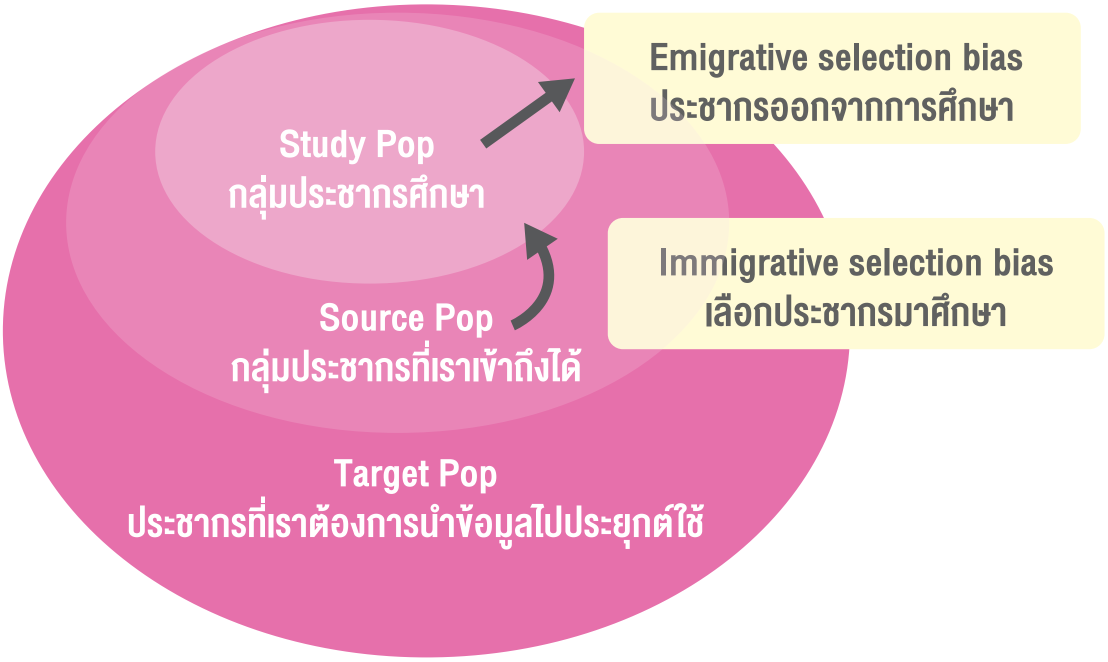
2.1) Selection Bias

คือ ความลำเอียงที่เกี่ยวข้องกับการเลือกประชากรหรือการเปลี่ยนแปลงของประชากร (Rose, Coggon, et al., 2021) โดยในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับ selection bias นั้นจำเป็นต้องทำความเข้าใจกับนิยามของคำว่า “ประชากร” ในทางระบาดวิทยาเสียก่อน

ในทางระบาดวิทยานั้นประชากร แบ่งได้ 3 แบบหรือ 3 ระดับ ดังภาพที่ 9.3 คือ

- **ประชากรเป้าหมาย (Target Population)** คือ ประชากรที่ทางผู้วิจัยหรือผู้ทำงานต้องการให้การศึกษาหรือผลการประเมินผลกระทบสามารถนำไปประยุกต์ได้ ซึ่งหลายครั้งโดยทั่วไปแล้วผู้ทำงานหรือผู้วิจัยอาจไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งหมด เช่น ต้องการให้ผลการประเมินสามารถนำไปใช้ได้กับประชากรรอบโรงไฟฟ้าชีวมวลทั่วประเทศไทย
- **แหล่งของประชากร (Source Population)** คือ ประชากรส่วนที่ผู้วิจัยหรือผู้ทำงานเข้าถึงได้หรือเข้าเก็บข้อมูลได้ เช่น ประชากรรอบโรงไฟฟ้าแห่งหนึ่งในตำบลที่ผู้วิจัยรับผิดชอบหรือสามารถประสานงานกับสาธารณสุขในพื้นที่ได้ แต่ผู้วิจัยอาจไม่สามารถเก็บข้อมูลหรือติดตามประชากรกลุ่มนี้ได้ทั้งหมด อาจเพราะข้อจำกัดด้านเวลาหรืองบประมาณ
- **ประชากรศึกษา (Study Population)** คือ ประชากรที่สุ่มหรือเลือกมาจากประชากรกลุ่ม Source population เพื่อทำการศึกษา เก็บข้อมูล หรือประเมินผลกระทบภายใต้งบประมาณและเวลาที่จำกัด

ซึ่งหากประชากรศึกษาที่สุ่มหรือเลือกมา มีความแตกต่างหรือมีลักษณะทางประชากรศาสตร์ เช่น สัดส่วนเพศหรืออายุ แตกต่างจากกลุ่มประชากร source population ก็จะทำให้ผลจากการศึกษาอาจไม่สามารถนำไปใช้กับประชากรกลุ่มที่วางแผนการประเมินผลกระทบไว้ตั้งแต่แรก ซึ่งเหตุการณ์ที่เกิดนี้เรียกว่า selection bias ซึ่งหลัก ๆ สามารถเกิดได้จาก 2 กลไก คือ การเลือกประชากรศึกษา (Immigrative Selection Bias) และการออกของประชากรจากการศึกษา (Emigrative Selection Bias) ดังแสดงในภาพที่ 9.3



ภาพที่ 9.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง ประชากรทางระบาดวิทยาและกลไกการเกิด selection bias

2.1.1) Immigrative Selection Bias เกิดในขณะที่มีการเลือกประชากรเข้าสู่การศึกษาหรือเข้าเป็นประชากรศึกษา ส่วนใหญ่แล้วไม่สามารถใช้กระบวนการทางสถิติมาแก้ไขได้ถ้าเกิดความลำเอียงนี้ จำเป็นจะต้องใช้กลไกป้องกันตั้งแต่การวางแผนวิจัย เช่น การสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็น เป็นการป้องกัน เป็นต้น ซึ่งได้แก่

(a) **Ascertainment Bias** ซึ่งเกิดจากการกำหนดนิยามในการเฝ้าระวังหรือการกำหนดแนวทางในการติดตาม ได้แก่

- Diagnostic Bias ซึ่งเกิดจากการที่ประชากรที่มีความเสี่ยงสูงมักจะได้รับการติดตามประเมินการเกิดโรคมากกว่าอีกกลุ่มหนึ่ง ยกตัวอย่าง เช่น คนงานกลุ่มสัมผัสน้ำมันดิบโดยตรงจะมีโอกาสพบมะเร็งสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้สัมผัสน้ำมันดิบโดยตรง เนื่องจากมีการติดตามตรวจสุขภาพบ่อยกว่า
- Survival Bias เกิดจากการที่ประชากรศึกษาต้องมีชีวิตรอดไปถึงระดับนึงก่อนที่จะได้รับคัดเลือกเข้าสู่การวิจัย ทำให้กลุ่มที่เข้าสู่การวิจัยเป็นกลุ่มผู้มีชีวิตรอด ไม่รวมกลุ่มที่เสียชีวิตไปแล้ว
- Berkson's Bias เกิดจากการที่การเลือกประชากรสัมพันธ์กับการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดกับการศึกษาที่ประชากรศึกษาคือ ผู้ป่วยที่มาโรงพยาบาล ทำให้เกิดการค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับโรคที่ประหลาด ยกตัวอย่าง เช่น การพบความสัมพันธ์ระหว่างนิ่วในถุงน้ำดีกับการเป็นเบาหวานของงานวิจัยหนึ่งซึ่งไม่น่าจะเป็นไปได้ในความเป็นจริง

(b) **Participation Bias** เกิดจากการที่ประชากรอาสาสมัครเข้าสู่การศึกษาเอง ได้แก่

- Self-selection/self referral เกิดจากการที่ประชากรที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดความผิดปกติสูงมักจะต้องการเข้าสู่การศึกษาเพื่อรับการตรวจมากกว่ากลุ่มประชากรปกติ ยกตัวอย่าง เช่น งานวิจัยหนึ่งที่รับสมัครผู้ที่อยู่ในพื้นที่กัมมันตภาพรังสีจากการรั่วไหลของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ พบว่า กลุ่มที่ติดต่อเพื่อขอเข้าร่วมมีร้อยละของผู้เป็นมะเร็งเม็ดเลือดขาว 25% ในขณะที่ผู้ที่ผู้วิจัยต้องไปประชาสัมพันธ์ตามที่อยู่อาศัยพบผู้เป็นมะเร็งเม็ดเลือดขาวเพียง 4%

- Non-response เกิดจากการที่ผู้ไม่ตอบคำถามหรือไม่ประสงค์จะเข้าร่วมกับผู้ที่เข้าร่วมงานวิจัยมีลักษณะที่ต่างกัน เช่น การสำรวจพฤติกรรมการทำงานของพยาบาลกับอาการปวดกล้ามเนื้อ อาจพบว่า กลุ่มที่เข้าร่วมเป็นกลุ่มที่ส่วนใหญ่มีอาการปวด ในขณะที่กลุ่มที่ไม่เข้าร่วมไม่มีอาการใดๆ
- Healthy Worker Effect เกิดได้บ่อยกับงานวิจัยหรือการประเมินทางอาชีวเวชศาสตร์ ซึ่งเกิดจากการที่เฉพาะผู้ที่แข็งแรงและยังมีสุขภาพดีเท่านั้นที่จะทำงานในปัจจุบัน ดังนั้น การสำรวจหรือประเมินผลกระทบจากงานเฉพาะผู้ที่ยังทำงานได้อยู่ อาจเป็นความลำเอียง ทำให้ผลกระทบที่ประเมินได้ต่ำกว่าความเป็นจริง อันเนื่องมาจากผู้ที่ได้รับผลกระทบลาออกหรือเกษียณตัวเอง ดังนั้น ในการประเมินผลกระทบจากงาน บางครั้งอาจต้องคำนึงถึงและเก็บข้อมูลครอบคลุมผู้ที่ออกจากงานหรือย้ายงานด้วย หรืออาจแก้ไขโดยวิธีการทางสถิติ เช่น Indirect Standardization ซึ่งไม่กล่าวถึงในตำราเล่มนี้ โดยผู้สนใจสามารถหาความรู้เพิ่มเติมได้จากหนังสือสถิติพื้นฐานโดยทั่วไป

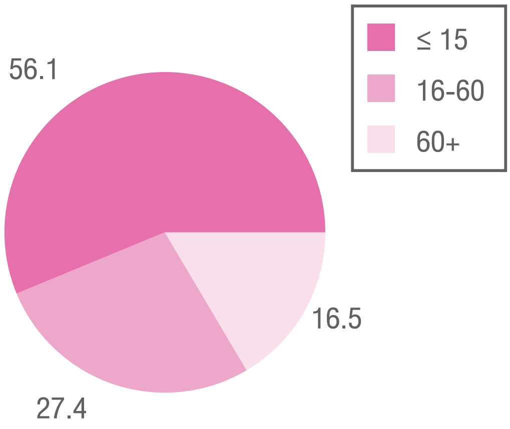
2.1.2) Emigrative Selection Bias เกิดจากการที่ประชากรออกจากงานวิจัยหรือการศึกษากลางคัน ทำให้ประชากรที่เหลืออยู่ในการศึกษามีความแตกต่างจากประชากรตั้งต้นหรือ source population ซึ่งอาจเกิดจากการที่ประชากรไม่มาตามนัด ไม่สามารถติดตามประชากรได้ หรือประชากรหายไปจากสาเหตุอื่น ๆ เช่น เสียชีวิต หรือประชากรถอนตัวจากการศึกษาเนื่องจากเกิดผลข้างเคียงจากการศึกษา โดยเฉพาะการศึกษาประสิทธิภาพของยาหรือการรักษา เป็นต้น ซึ่งสามารถลดการเกิดได้โดยการติดตามประชากรศึกษาแบบเชิงรุก เช่น การโทรติดตาม หรือการให้รางวัลผู้มาติดตาม เป็นต้น

กรณีศึกษาการเกิด selection bias จากการเฝ้าระวังทางสิ่งแวดล้อม

กรณีศึกษาการเฝ้าระวังจากเหมืองแห่งหนึ่ง โดยแบ่งพื้นที่จังหวัดเสี่ยง เป็น 3 กลุ่มจังหวัดเสี่ยง โดยจังหวัด 2 จังหวัดใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายโดยการประชาสัมพันธ์ให้ประชากรเข้าร่วม ในขณะที่อีก 1 จังหวัดใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างโดยการเก็บข้อมูลในเด็กนักเรียนระดับปฐมศึกษาจากโรงเรียนในพื้นที่แห่งหนึ่งเพื่อให้ได้จำนวนประชากรครบถ้วนทันเวลา ผลปรากฏดังแสดงในตารางที่ 9.1 จะเห็นว่าประชากรส่วนใหญ่ที่เก็บข้อมูลจะมีอายุน้อยกว่า 15 ปี ซึ่งมีสัดส่วนประชากรตามอายุไม่เหมือนสัดส่วนประชากรจริงในพื้นที่ซึ่งมีสัดส่วนส่วนใหญ่เป็นช่วงอายุ 16 - 60 ปี

ตารางที่ 9.1 อายุของประชากรศึกษาในการเฝ้าระวังจากเหมืองแห่งหนึ่ง

อายุ	
<=15 ปี	367 (56.1)
16-60 ปี	180 (27.4)
60+ ปี	108 (16.5)



ซึ่งการที่ได้ประชากรอายุน้อยทำให้ผลการประเมินผลกระทบทางสุขภาพทำได้ยากและสรุปผลได้อย่างไม่แน่ชัด เนื่องจากประชากรเด็กจะมีค่าทางห้องปฏิบัติการในช่วงปกติไม่เหมือนกับผู้ใหญ่ อีกทั้งยังทำให้เปรียบเทียบกับพื้นที่อีก 2 จังหวัดได้ยาก เนื่องจากวิธีการสุ่มตัวอย่าง ต่างกัน

2.2) Information Bias หรือ Measurement Error (Rose, Coggon, et al., 2021)

คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากเครื่องมือวัดหรือวิธีการวัด เป็นความคาดเคลื่อนที่เกิดกับข้อมูลที่เก็บมา แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.2.1) Non-differential Information Bias คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในกลุ่มที่ได้รับหรือไม่ได้รับสิ่งคุกคาม หรือกลุ่มที่เป็นโรคหรือไม่เป็นโรค เหมือนกัน ยกตัวอย่าง เช่น การใช้เครื่องมือชนิดเดียวกันในการประเมิน กรณีนี้จะทำให้ผลกระทบที่ประเมินได้หรือความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งคุกคามกับผลกระทบประเมินแล้วต่ำกว่าความเป็นจริง

2.2.2) Differential Information Bias คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในกลุ่มที่ได้รับหรือไม่ได้รับสิ่งคุกคาม หรือกลุ่มที่เป็นโรคหรือไม่เป็นโรค ไม่เหมือนกัน ยกตัวอย่างเช่น การใช้เครื่องมือหรือแบบสอบถามกับกลุ่มที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคต่างชนิดกัน หรือต่างรูปแบบกัน เช่น มีการซักถามกลุ่มที่เป็นโรคมากกว่า กรณีนี้จะสามารถคาดเดาทิศทางความลำเอียงได้ เนื่องจากความลำเอียงอาจทำให้พบความสัมพันธ์หรือผลกระทบมากกว่าความเป็นจริงได้

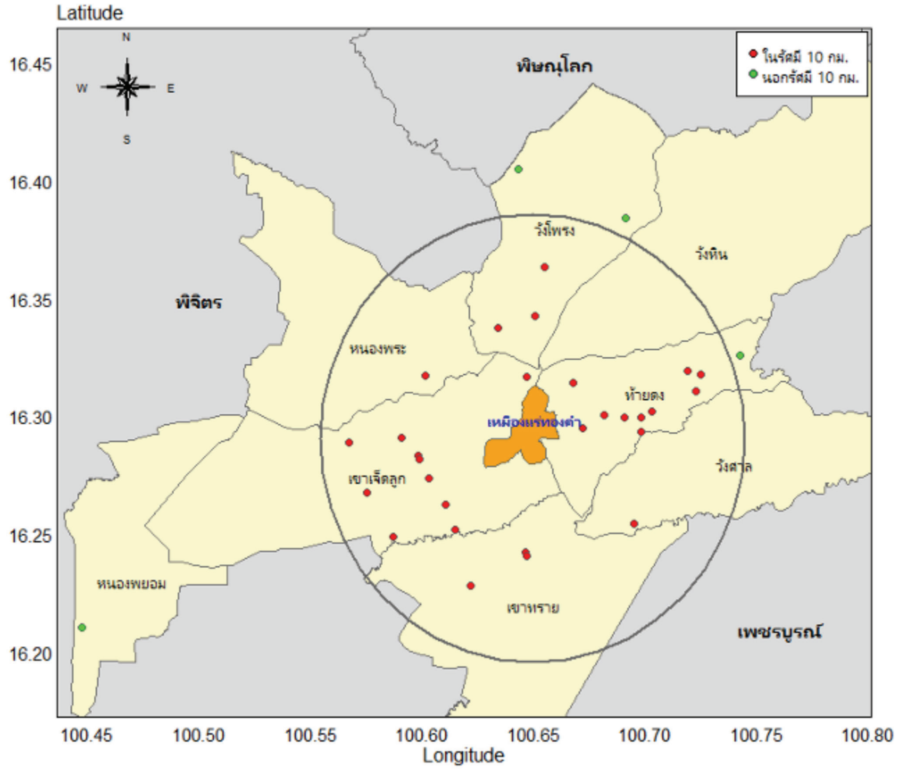
การลดความลำเอียงจากกรณีของ information bias สามารถทำได้โดยผ่านวิธีการทางสถิติ เช่น การคำนวณหาค่า Sensitivity และ Specificity และ Predictive value เป็นต้น

ข้อผิดพลาดหรือข้อจำกัดอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้กับงานทางอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม

1) การไม่มีกลุ่มควบคุม ในการแปลผลหรือประเมินว่ามีผลกระทบหรือไม่ หรือว่าค่าสิ่งคุกคามที่วัดได้สูงกว่าระดับปกติหรือไม่นั้น ในงานของทางอาชีวอนามัยอาจจะมีค่าอ้างอิงมาตรฐานชัดเจน แต่ในทางอนามัยสิ่งแวดล้อมนั้น ค่าอ้างอิงอาจไม่ชัดเจนหรือไม่แน่นอน และไม่สามารถใช้ค่าอ้างอิงจากงานอาชีวอนามัยได้ เนื่องจากค่าอ้างอิงเหล่านั้นเป็นค่าอ้างอิงบนสมมุติฐานว่า สัมผัสเพียง 8 ชั่วโมงและ 5 วันต่อสัปดาห์เท่านั้น ในขณะที่ในงานอนามัยสิ่งแวดล้อมนั้นสัมผัส 24 ชั่วโมง

วิธีการแก้ไข คือ การเก็บข้อมูลในกลุ่มควบคุม เช่น เป็นกลุ่มที่มีค่าการตรวจวัดในสิ่งแวดล้อมปกติ หรือ เป็นกลุ่มที่ไม่ได้อยู่อาศัยใกล้แหล่งมลพิษที่สนใจ เป็นต้น หรืออาจใช้เป็นลักษณะของการเก็บข้อมูลที่ baseline หรือ historical controls คือ การเก็บข้อมูลก่อนการตั้งโรงงานอุตสาหกรรม และนำมาเปรียบเทียบหลังจากอุตสาหกรรมเริ่มปฏิบัติงาน เป็นต้น

2) การกำหนดขอบเขตประชากรไม่ชัดเจน เช่น เก็บข้อมูลของประชากรที่ไม่ได้สัมผัสหรืออยู่นอกพื้นที่เสี่ยงมาด้วย กรณีศึกษากรณีเหมืองทอง ดังภาพที่ 9.4 มีการเก็บข้อมูลนอกรัศมีเหมืองทอง 10 กิโลเมตร (สีเขียว) มาด้วย ในการเก็บข้อมูลหน้างานบางครั้งมีประชากรกลุ่มที่ไม่ได้อยู่ในพื้นที่เสี่ยงต้องการเข้ารับการตรวจทางห้องปฏิบัติการด้วย ซึ่งการแก้ไขอาจมีสามทางเลือก 1) ปฏิเสธการตรวจ 2) ตรวจโดยผู้ต้องการตรวจจำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายเอง 3) ตรวจให้แต่นำข้อมูลของประชากรกลุ่มนี้ออกก่อนทำการวิเคราะห์เพื่อคืนข้อมูล



ภาพที่ 9.4 แสดงตำแหน่งพิกัดของพื้นที่ศึกษาผลกระทบเหมืองทองในปี พ.ศ. 2562

3) การประเมินหรือระบุสิ่งคุกคามผิดประเภท บางครั้งหากทบทวนวรรณกรรมไม่มากพออาจจะทำให้เราส่งตรวจสิ่งคุกคามที่ไม่จำเป็นหรือไม่ได้ส่งตรวจในสิ่งคุกคามที่จำเป็น จำเป็นต้องมีการทบทวนหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ให้เพียงพอก่อนการส่งตรวจ

4) การส่งตรวจผิดวิธี การส่งตรวจ การเก็บรักษาและเทคนิคทางห้องปฏิบัติการมีผลกระทบต่อความแม่นยำถูกต้องของการตรวจวัดทางห้องปฏิบัติการเป็นอย่างมาก ดังที่กล่าวในบทที่ 8 การเลือกใช้วิธีการที่ผิดจะนำมาสู่ผลที่ผิดและการคืนข้อมูลที่ผิด ตัวอย่าง เช่น การนำหลอดที่มีการเคลือบสารตะกั่วมาเก็บตัวอย่างเลือดทำให้ได้ผลการตรวจค่าตะกั่วที่มีค่าสูงซึ่งจริง ๆ แล้วเกิดจากการใช้หลอดที่มีการเคลือบตะกั่วไม่ได้เกิดจากการสัมผัส เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

Chapter 4. Measurement error and bias. (2020, October 28). The BMJ. https://www.bmj.com/about-bmj/resources-readers/publications/epidemiology-uninitiated/4-measurement-error-and-bias

Rose, G., Coggon, D., & Barker. (2021). Epidemiology for the uninitiated. The BMJ | The BMJ: Leading General Medical Journal. Research. Education. Comment. https://www.bmj.com/wp-json/wp/v2/posts

บทที่ 10

หลักการพื้นฐานการสอบสวนโรค จากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม

บทที่
10

หลักการพื้นฐานการสอบสวนโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม

โดย ดร.แพทย์หญิง ฉันทนา ผดุงทศ

บทนำ

โดยทั่วไปแล้ว "การสอบสวนโรค" เป็นเครื่องมือสำคัญของนักระบาดวิทยา ในการสอบสวนโรคติดต่อ (communicable diseases) ซึ่งมี "เชื้อโรค" เป็นตัวก่อโรค ทำให้เกิดการติดเชื้อ (infection) จากคนไข้หนึ่งคน สามารถแพร่ไปยังคนใกล้ชิด เช่น ไข้หวัดใหญ่ หรือผ่านพาหะนำโรค ทำให้แพร่ไปในชุมชน เช่น ไข้เลือดออก อหิวาตกโรค ไข้ซิกา (Zika) หรือแม้แต่ข้ามทวีป ดังเช่นกรณี ซาร์ส (SARS) หรือ โควิด-19 แต่ยังมีโรคอีกกลุ่ม ที่ไม่มีการติดเชื้อ หรือที่เรียกว่า "โรคไม่ติดต่อ" (non-communicable diseases) ได้แก่ โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจขาดเลือด อัมพาต โรคมะเร็ง โรคทางจิตเวช โรคปอดฝุ่นหิน โรคจากฝุ่น $PM_{2.5}$ การบาดเจ็บบนท้องถนน โรคภูมิคุ้มกันบกพร่อง โรคจากพฤติกรรมเสี่ยงต่าง ๆ เช่น ภาวะอ้วน หรือโรคจากสารเสพติด เช่น บุหรี่ สุรา หรือสารเสพติดต่าง ๆ ซึ่งโรคกลุ่มนี้ หากมีการสอบสวนโรคเช่นเดียวกับโรคติดต่อ ก็จะพบ "ความเชื่อมโยง" หรือ "ความผิดปกติ" บางอย่างที่อาจนำไปสู่การค้นพบสาเหตุของโรค สมมติฐานใหม่ของการเกิดโรค รวมทั้ง แนวทางการเฝ้าระวัง ป้องกัน และควบคุมโรค ที่ทันการณ์ และเหมาะสมมากขึ้น

การสอบสวนโรค

คำนวณ อึ้งชูศักดิ์ ได้กล่าวถึง "ความหมาย" ของการสอบสวนโรค ว่าคือ กระบวนการดำเนินงานทางระบาดวิทยา เมื่อข้อมูลการเฝ้าระวังชี้บ่งว่า "ได้พบความผิดปกติบางอย่าง" โดยหากเป็นโรคระบาด เรียกว่า การสอบสวนโรค หรือ outbreak investigation และหากเป็นปัญหาที่ไม่ใช่โรคก็ยังใช้หลักการเดียวกันได้ เรียกว่า problem investigation

และได้อธิบาย "ขั้นตอนการสอบสวนโรคทางระบาดวิทยา" ว่าประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ 1) ยืนยันการวินิจฉัยโรค 2) ยืนยันว่ามีการระบาดจริง 3) รวบรวมข้อมูลระบาดวิทยาเชิงพรรณา 4) ตั้งสมมุติฐานของการระบาด 5) ทำการศึกษาระบาดวิทยาวิเคราะห์เพื่อพิสูจน์สมมติฐาน 6) ศึกษาสภาพแวดล้อมและสิ่งประกอบอื่นๆ และ 7) สรุปสาเหตุและเขียนรายงาน (คำนวณ อึ้งชูศักดิ์, 2549)

ซึ่งโดยภาพรวมแล้ว สามารถสรุปกิจกรรมการสอบสวนโรคโดยสังเขป ได้ดังนี้

- การสอบสวนโรค เริ่มจากการกำหนดนิยาม "โรค" อาจแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ สงสัยว่าเป็น (suspected) น่าจะเป็น (probable) และยืนยัน (confirmed) หรืออาจแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ สงสัยว่าเป็น (suspected) และยืนยัน (confirmed) แล้วแต่กรณีของโรคหรืออาการนั้นๆ โดยส่วนใหญ่หากผู้ป่วยมีอาการทางคลินิกที่สอดคล้องกับนิยาม ก็จะเป็น "ผู้ป่วยสงสัย" และ หากมีการตรวจทางห้องปฏิบัติการให้ผลที่ชัดเจน ก็จะเป็น "ผู้ป่วยยืนยัน"
- หลังจากมีความมั่นใจว่าเกิดโรคขึ้นจริง ก็จะทำการแยกแยะระหว่าง "การเจ็บป่วยประจำถิ่น" (endemic) ซึ่งพบได้ตลอดเวลา รวมทั้งมีมาตรการป้องกันและควบคุมอยู่แล้ว กับ "การระบาด" ซึ่งหมายถึงการเกิดโรคที่ผิดปกติไปจากธรรมดา และต้องการมาตรการที่ซับซ้อนมากขึ้นในการควบคุมป้องกัน ทั้งนี้ หลักเกณฑ์ที่ใช้ ได้แก่ มีจำนวนมากกว่าปกติในคราว

เดียวกัน เช่น มากกว่าค่าเฉลี่ยมัธยฐาน (median) ของ 3 หรือ 5 ปีย้อนหลัง หรือมากกว่าปีก่อนหน้า หรือพบว่าผู้ป่วยมากกว่า 2 รายมีประวัติสัมผัสร่วมกัน เช่น กินอาหารร่วมกัน ไปในสถานที่เดียวกัน หรือพบว่ามีรายเดียวแต่เป็นโรคที่ไม่เคยพบมาก่อนในพื้นที่

- รวบรวมข้อมูลของผู้ป่วยแต่ละราย เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบ ว่ามีการ "จับกลุ่ม" ตามเวลา (time) สถานที่ (place) หรือบุคคล (person) หรือไม่ เช่น เกิดอาการป่วยในช่วง 3 วันหลังจากน้ำท่วมเท่านั้น หรือ ป่วยเฉพาะหมู่บ้านที่อยู่ติดกับแหล่งน้ำและมีการใช้น้ำในแหล่งน้ำร่วมกัน หรือ พบผู้ป่วยเพศหญิงมากกว่าเพศชาย หรือพบผู้ป่วยอายุน้อยกว่า 15 ปี มากกว่าผู้สูงอายุ เป็นต้น
- หลังจากพบเห็นการ "จับกลุ่ม" ของผู้ป่วยจากการศึกษาเชิงพรรณนาแล้ว ก็ทำการ "ตั้งสมมติฐาน" ว่าอะไรคือปัจจัยที่ทำให้เกิดโรค ซึ่งสำหรับโรคติดต่อแล้ว สมมติฐานจะเริ่มจากคำถามว่า โรคมีลักษณะหรือแบบแผนการแพร่ระบาด (transmission) อย่างไร เช่น จากคนหนึ่งสู่อีกคนหนึ่งโดยตรง หรือไปผ่านพาหะ ลักษณะของโรคค่อยๆกระจายไปเรื่อย ๆ หรือเกิดขึ้นเป็นรุ่นหลังระยะฟักตัว ซึ่งในขั้นตอนนี้ นักระบาดวิทยาใช้เครื่องมือที่สำคัญ คือ "Epidemic Curve" หรือกราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยรายวันนับตั้งแต่วันที่พบผู้ป่วยรายแรก นอกจากสมมติฐานดังกล่าวแล้ว นักระบาดวิทยายังสืบค้นถึง "แหล่งแพร่เชื้อ" ซึ่งมักเกิดจากการทำแผนที่แสดงบ้านที่ผู้ป่วยรายแรกและรายต่อๆมาตั้งอยู่ จนทำให้เห็นว่าอาจเป็นบ่อน้ำกลางหมู่บ้าน หรือ เล้าหมูของบ้านผู้ป่วย ที่เป็นแหล่ง และ "ปัจจัยเสี่ยงอื่นๆ"ที่ทำให้ป่วยเพิ่มขึ้นหรือลดลง เช่น เพื่อนบ้านที่ต้มน้ำจากบ่อน้ำ ไม่เกิดการเจ็บป่วย เป็นต้น
- การพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งขึ้น โดยทำการเปรียบเทียบอัตราป่วยระหว่างประชากร 2 กลุ่ม โดยมี 2 วิธีหลัก คือ 1) แบ่งประชากรตามความเจ็บป่วย เป็น "ผู้ป่วย" (case) กับ "ผู้ที่ควรป่วยแต่ไม่ป่วย" (control) เพื่อวิเคราะห์ว่า ผู้ป่วยมีปัจจัยเสี่ยงใดมากกว่าผู้ที่ควรป่วยแต่ไม่ป่วย หรือ 2) แบ่งประชากรตามการมีปัจจัยเสี่ยง เป็น "กลุ่มเสี่ยง" (expose) กับ "กลุ่มที่ไม่เสี่ยง" (non-expose) เพื่อวิเคราะห์ว่า กลุ่มใดเกิดการเจ็บป่วยมากกว่ากัน
- ขั้นตอนต่อไป เป็นการลงพื้นที่เพื่อศึกษาสภาพแวดล้อมมาประกอบการศึกษาวิเคราะห์ที่ได้ทำมาใน 5 ขั้นตอนที่ผ่านมา เช่น การเดินสำรวจหมู่บ้าน เพื่อให้เห็นว่าน้ำในบ่อมีโอกาสปนเปื้อนเชื้อโรคได้จริง หรือการสำรวจแหล่งยุงลายที่เป็นสาเหตุไข้เลือดออกในหมู่บ้าน
- ขั้นตอนสุดท้าย คือ การสรุปและเขียนรายงาน เพื่อเสนอว่าจะควบคุมการระบาดครั้งนี้ได้อย่างไร และจะป้องกันการระบาดในครั้งต่อไปได้อย่างไร รวมทั้งจะพัฒนาการสอบสวนโรคให้ดีขึ้นกว่าครั้งนี้ได้อย่างไร

ทั้งนี้ หากจะให้เกิดการนำผลการสอบสวนไปใช้ประโยชน์อย่างแท้จริง จะต้องมีอีก 2 ขั้นตอน คือ 1) การนำเสนอข้อมูลให้ผู้เกี่ยวข้องได้ใช้ประโยชน์ ซึ่งอาจเป็นผู้บริหารของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด ประชาชน แกนนำหมู่บ้าน หรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และ 2) การติดตามผลการสอบสวนโรค โดยเฉพาะว่ามีการนำข้อเสนอจากการเขียนรายงานไปปฏิบัติ เพื่อควบคุมป้องกันโรคหรือไม่ หากพบว่าไม่ปฏิบัติต้องกระตุ้นและหาทางสนับสนุนให้เกิดการปฏิบัติต่อไป

การสอบสวนโรคจากการประกอบอาชีพและโรคจากสิ่งแวดล้อม

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า ขั้นตอนการสอบสวนโรค ที่นักระบาดวิทยาในประเทศไทยใช้ในการควบคุมป้องกันโรคนั้น โดยทั่วไปเป็นการสอบสวนโรคติดต่อ (communicable diseases) แต่สำหรับการสอบสวนโรคจากการประกอบอาชีพและโรคจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็น"โรคไม่ติดต่อ" (non-communicable diseases) ในภาพรวมแล้ว ยังคงไว้ซึ่งหลักการการสอบสวนโรคติดต่อ แต่มีประเด็นที่แตกต่างอย่างชัดเจน ดังจะได้อธิบายต่อไป

มุมมอง WHO

บทที่ 9 ของตำราระบาดวิทยาขององค์การอนามัยโลก (ระบาดวิทยาด้านโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม : Applied Epidemiology for Environmental and Occupational Health) ได้กล่าวถึงโรคจากการประกอบอาชีพและโรคจากสิ่งแวดล้อม ภายใต้บริบทของความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ กล่าวคือ “สิ่งแวดล้อมของมนุษย์ประกอบด้วยอากาศที่อยู่รอบตัว อากาศที่หายใจ น้ำที่ดื่ม อาหารที่รับประทาน และพื้นที่ว่างให้เคลื่อนไหวร่างกายได้ นอกจากนั้นยังมีสิ่งแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรม ซึ่งมีผลอย่างมากต่อสุขภาพจิตและสุขภาพกายของมนุษย์อีกด้วย”

นอกจากนั้น ยังได้ให้นิยามว่า “โดยสรุปแล้ว คำว่า “สิ่งแวดล้อม” ที่ใช้ในบทนี้ หมายความถึง ปัจจัยทุกชนิดที่อยู่ภายนอกร่างกายมนุษย์ที่อาจทำให้เกิดโรคหรือการบาดเจ็บ” (Bonita R et al., 2006) ดังแสดงในตารางที่ 10.1

ตารางที่ 10.1 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่อาจมีผลต่อสุขภาพ

ปัจจัย	ตัวอย่าง
ด้านจิตวิทยา	ความเครียด การว่างงาน การทำงานเป็นกะ ความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนร่วมงาน
ด้านชีววิทยา	แบคทีเรีย ไวรัส พยาธิต่าง ๆ
ด้านกายภาพ	สภาพภูมิอากาศ เสียง รังสี การยศาสตร์
ด้านการบาดเจ็บ	สถานการณ์ไม่ปลอดภัย ความเร็ว อิทธิพลของแอลกอฮอล์ ยาเสพติด
ด้านเคมี	บุหรี่ สารเคมีต่าง ๆ ฝุ่น สารระคายผิวหนัง สารที่ผสมในอาหาร

ที่มา : R. Bonita, R. Beaglehole, T. Kjellstrom. Basic epidemiology, 2nd edition. World Health Organization 2006. p 146.

นอกจากนั้น ยังได้กล่าวถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่สำคัญอื่นๆ อีกที่ก่อโรคจากการประกอบอาชีพ หรือโรคจากสิ่งแวดล้อมตามแนวคิดการวิเคราะห์ลำดับชั้นของสาเหตุการเกิดโรค เรียกว่า “DPSEEA (driving forces, pressure, state, exposure, effect, action) framework” ที่องค์การอนามัยโลกใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุเมื่อพบปัญหาสุขภาพที่อาจเกิดจากหลายปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 10.2

ตารางที่ 10.2 ลำดับชั้นของสาเหตุการเกิดโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมตาม DPSEEA framework

ลำดับชั้น	ตัวอย่างปัจจัย
ปัจจัยที่เป็นแรงผลักดันให้เกิดการเจ็บป่วยจากสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น (driving forces behind current health-environment trends)	▪ การเปลี่ยนแปลงของประชากร เช่น การอพยพย้ายถิ่น ▪ การเกิดชุมชนเมือง ▪ ความยากจนและความไม่เท่าเทียม ▪ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ▪ วิธีการบริโภคและผลิตสินค้า ▪ การพัฒนาทางเศรษฐกิจ
กิจกรรมที่มนุษย์ทำแล้วมีผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม (major human activities affecting environmental quality)	▪ ขยะมูลฝอยจากบ้านเรือน ▪ การใช้น้ำจืด ▪ การใช้ที่ดินและกิจกรรมทางการเกษตร ▪ การขยายตัวของอุตสาหกรรม ▪ การใช้พลังงาน

ตารางที่ 10.2 ลำดับชั้นของสาเหตุการเกิดโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมตาม DPSEEA framework (ต่อ)

ลำดับชั้น	ตัวอย่างปัจจัย
สิ่งแวดล้อมไม่ดีที่เอื้อต่อการเจ็บป่วยจากสิ่งแวดล้อม (poor environmental quality: exposures and risks)	■ มลพิษทางอากาศ ■ อาหาร ■ ดิน ■ บ้านเรือน ■ สถานที่ทำงาน ■ สภาพแวดล้อมของโลก

ที่มา : R. Bonita, R. Beaglehole, T. Kjellstrom. Basic epidemiology, 2nd edition. World Health Organization 2006. p 146.

ซึ่งจากมุมมองดังกล่าวนี้ เห็นได้ว่าองค์การอนามัยโลกกำหนด "นิยาม" สิ่งแวดล้อมที่อาจก่อโรคอย่างกว้างขวางมาก จนทำให้นัยหนึ่งแล้ว โรคทุกโรค อาจเป็นโรคจากสิ่งแวดล้อมได้ จึงได้มีการสรุปขอบเขตในตำราบทดังกล่าว ว่า การค้นหาสาเหตุของโรคที่เกิดจากปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ต้องอาศัยการศึกษาด้านระบาดวิทยาที่เฉพาะทาง เพื่อให้หาสาเหตุได้ถูกต้องและเร็วขึ้น ดังนี้ "สิ่งแวดล้อมเป็นสาเหตุโดยตรงหรือเป็นสาเหตุร่วมของการเจ็บป่วยเกือบทุกชนิด ส่งผลให้การป้องกันโรคที่มีประสิทธิภาพต้องอาศัยความเข้าใจว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆมีผลต่อสุขภาพอย่างไร การศึกษาด้าน ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม จึงมีความสำคัญ เนื่องจากเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่รวบรวม วิเคราะห์ สังเคราะห์ และแปลผลความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆกับสุขภาพประชากร ขณะที่ระบาดวิทยาโรคการประกอบอาชีพ ค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างสุขภาพกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมในที่ทำงานเท่านั้น"

ประสบการณ์ประเทศไทย

กองระบาดวิทยา

ในปีพ.ศ. 2547 สำนักระบาดวิทยา[1] กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ได้จัดทำเอกสาร "การเฝ้าระวังและสอบสวนโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม" ขึ้นเพื่อ "เป็นแนวทางการดำเนินงานเฝ้าระวังโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ในระดับเครือข่ายต่างๆ ซึ่งจะทำให้การดำเนินงานเฝ้าระวังโรคมีมาตรฐานเดียวกัน ทำให้ได้รับทราบข้อมูลการเกิดโรคที่ถูกต้อง แม่นยำและมีความต่อเนื่อง เพื่อให้การป้องกันและควบคุมโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น" (แสงโฉม เกิดคล้าย, 2547)

ทั้งนี้ ผู้เขียนเริ่มจากการกำหนดนิยามที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) โรคจากการประกอบอาชีพ (occupational diseases) หมายถึง โรคและภัยหรือปัญหาสุขภาพที่เกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงาน ที่มีสาเหตุโดยตรงมาจากการทำงาน ที่ได้รับสัมผัสสิ่งคุกคามต่าง ๆ หรือจากสภาวะการทำงานที่ไม่เหมาะสม การเจ็บป่วยนั้นอาจเกิดขึ้นขณะทำงาน หลังเลิกงาน หรือภายหลังจากที่ออกจากงานไปแล้วก็ได้ เช่น โรคปอดฝุ่นหิน โรคพิษตะกั่ว
2) โรคเกี่ยวเนื่องจากการทำงาน (work-related diseases) หมายถึง โรคภัยหรือปัญหาสุขภาพที่เกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงานที่มีสาเหตุทางอ้อมมาจากการทำงาน และมีปัจจัยสาเหตุหลายอย่างประกอบกัน เช่น โรคความดันโลหิตสูงที่อาจเกิดจากการทำงานที่ก่อให้เกิดความเครียดมาก
3) โรคจากสิ่งแวดล้อม (environmental diseases) หมายถึง โรคหรือปัญหาสุขภาพที่เกิดขึ้นกับกลุ่มคนทั่วไปไม่เฉพาะเจาะจง มีสาเหตุมาจากการได้รับสัมผัสสิ่งคุกคาม หรือสารก่อโรคที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อม โดยไม่เกี่ยวข้องกับการทำงาน ตัวอย่างเช่น กรณีชาวบ้านที่อาศัยในอำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช บริโภคน้ำที่มีสารหนูปนเปื้อน ถือได้ว่า เป็นโรคพิษสารหนูจากสิ่งแวดล้อม (แสงโฉม เกิดคล้าย, 2547)

---

[1] ชื่อเดิมของหน่วยงาน ก่อนที่จะเปลี่ยนเป็น "กองระบาดวิทยา" ในปีพ.ศ. 2562

นอกจากนั้น ได้อธิบายถึง กิจกรรมที่สำคัญ 2 กิจกรรม คือ 1) การเฝ้าระวังโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม หมายถึง "กิจกรรมที่ดำเนินการอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง เพื่อติดตาม สังเกต พินิจพิจารณาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงในลักษณะการเกิดการกระจาย ปัจจัยสาเหตุ และสิ่งคุกคามสุขภาพต่างๆ ของโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม โดยประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ คือ การรวบรวม การเรียบเรียง การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล และการกระจายข่าวสารให้ผู้เกี่ยวข้องได้รับทราบ เพื่อนำไปสู่การควบคุมป้องกันโรค และประเมินผลการดำเนินงานแก้ไขปัญหาโรคและภัยจากการประกอบอาชีพและจากสิ่งแวดล้อม" และ 2) การสอบสวนโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม หมายถึง "กิจกรรมที่ควรดำเนินการต่อเนื่องจากการเฝ้าระวังโรค เพื่อศึกษาหาปัจจัยสาเหตุที่แท้จริงของการเกิดโรค การค้นหาผู้ป่วยรายใหม่ และการศึกษาในเชิงลึกเกี่ยวกับสาเหตุ ลักษณะของการเกิดโรค เพื่อให้ได้รับทราบข้อมูลข้อเท็จจริงมากขึ้น เนื่องจากโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่เกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัย ลักษณะการดำเนินของโรคมักเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไป ผู้ป่วยไม่ค่อยมารับการรักษาในสถานพยาบาล หรือมาพบแพทย์เมื่อมีอาการรุนแรงแล้ว ทำให้พบผู้ป่วยจากระบบรายงานเฝ้าระวังแบบเชิงรับค่อนข้างน้อย" และ "การสอบสวนโรคเป็นกิจกรรมที่สำคัญที่จะทำให้ได้รับทราบปัญหาการเกิดโรคและภัยจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ ๆ ที่จะนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้"

รวมทั้งได้เสนอ "เกณฑ์การพิจารณาการสอบสวนโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม" จำนวน 4 ข้อ ได้แก่

1) การรายงานการเจ็บป่วยหรือเสียชีวิต ด้วยโรคที่คาดว่ามีความเกี่ยวเนื่องจากการประกอบอาชีพหรือสิ่งแวดล้อมที่ไม่สามารถระบุลักษณะการเกิดโรคและปัจจัยสาเหตุได้ชัดเจน หรือ เป็นโรคที่ยังไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน หากพบผู้ป่วยเพียง 1 ราย ควรดำเนินการสอบสวนทันที
2) การรายงานผู้ป่วยโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยมีลักษณะและอาการคล้ายกัน และเกิดการเจ็บป่วยหลายรายในช่วงเวลาเดียวกัน ทำงานในสถานที่ทำงานเดียวกัน หรืออาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงกัน
3) เหตุการณ์หรือโรคที่เกิดขึ้น และมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนเป็นจำนวนมาก หรือส่งผลกระทบต่อส่วนรวมในด้านใดด้านหนึ่ง ที่ยังไม่ทราบสาเหตุที่ชัดเจน
4) เหตุการณ์หรือโรคที่ประชาชน องค์กรและหน่วยงานต่างๆ ให้ความสนใจ หรือการร้องเรียนจากประชาชนที่ได้รับผลกระทบ และต้องการทราบข้อเท็จจริงของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

จากข้อเสนอเกณฑ์ฯดังกล่าว สรุปเบื้องต้นได้ว่า ควรทำการสอบสวนโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมเมื่อ "สงสัย" ว่าการทำงานหรือการรับสัมผัสมลพิษจากสิ่งแวดล้อม น่าจะเป็นสาเหตุหลัก หรือ สาเหตุหนึ่งของความเจ็บป่วย และอาจต้องสอบสวนแม้มีผู้ป่วยสงสัยเพียง 1 ราย เนื่องจากผลการสอบสวนจะนำไปสู่การดูแลประชาชนที่มีความเสี่ยงมาก เช่น เพื่อนร่วมงาน ในกรณีโรคจากการประกอบอาชีพ หรือ สมาชิกในครอบครัวและเพื่อนบ้าน ในกรณีโรคจากสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้น อาจต้องสอบสวนเป็นกลุ่มใหญ่ เนื่องจากมีผู้รับสัมผัสสิ่งคุกคามสุขภาพจำนวนมาก เช่น กรณีโคบอลท์-60 รั่วที่จังหวัดสมุทรปราการ เมื่อปีพ.ศ.2543 มีผู้สัมผัสสารกัมมันตรังสีมากถึงกว่า 50 หลังคาเรือน หรือกรณีประชาชนที่อาศัยรอบเหมืองทองคำในพื้นที่ 3 จังหวัด (พิจิตร พิษณุโลก เพชรบูรณ์) จำนวนกว่า 6,000 คนที่อาจได้รับสัมผัสโลหะหนักจากกิจการเหมืองแร่ และบางครั้งอาจต้องทำการสอบสวนท่ามกลางความขัดแย้งระหว่างเจ้าของกิจการกับชุมชน หรือเหตุการณ์ที่เป็นคดีความอีกด้วย

นอกจากเกณฑ์การสอบสวนโรคฯ แล้ว ผู้เขียนได้เสนอขั้นตอนการสอบสวนโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม 8 ขั้นตอน โดยอ้างอิงขั้นตอนการสอบสวนโรคติดต่อ 7 ขั้นตอนดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่ปรับเปลี่ยนเพื่อให้เข้ากับธรรมชาติของการเกิดโรคจากการประกอบอาชีพและโรคจากสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในตารางที่ 10.3

ตารางที่ 10.3 เปรียบเทียบขั้นตอนการสอบสวนโรค

ขั้นตอนการสอบสวนโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม (แสงโฉม เกิดคล้าย, 2547)	**ขั้นตอนการสอบสวนโรคระบาด** (คำนวณ อึ้งชูศักดิ์, 2549)
ขั้นตอนที่ 1 : การตรวจสอบยืนยันการระบาด จากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น ระบบรายงานโรค สถิติการรักษาในสถานบริการสาธารณสุข การร้องเรียนของผู้ป่วยหรือชุมชน และแหล่งข่าวสารอื่นๆ เช่น หนังสือพิมพ์ โทรทัศน์	ขั้นตอนที่ 1 : ยืนยันการวินิจฉัยโรค ขั้นตอนที่ 2 : ยืนยันการระบาด
ขั้นตอนที่ 2 : การประเมินสถานการณ์เบื้องต้นอย่างรวดเร็วเกี่ยวกับการระบาดของโรค เพื่อให้ทราบถึงขนาดของปัญหา และตัดสินใจว่าควรดำเนินการสอบสวนโรคหรือไม่ รวมทั้งความพร้อมขององค์กร บุคลากรในการสอบสวนโรค	
ขั้นตอนที่ 3 : การเตรียมการสอบสวนโรค ทั้งการเตรียมทีม อุปกรณ์ องค์ความรู้ งบประมาณ และการประสานหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	
ขั้นตอนที่ 4 : การเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งต้องรวบรวมข้อมูลทั้งด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม เช่น การตรวจวัดระดับฝุ่นในที่ทำงาน ระดับตะกั่วในลำห้วย ระดับตะกั่วในเลือด หรือระดับเอนไซม์ในร่างกาย	ขั้นตอนที่ 3 : รวบรวมข้อมูลระบาดวิทยาเชิงพรรณา ขั้นตอนที่ 4 : ตั้งสมมุติฐานของการระบาด ขั้นตอนที่ 6 : ศึกษาสภาพแวดล้อมและสิ่งประกอบอื่นๆ
ขั้นตอนที่ 5 : การศึกษาข้อมูลระบาดวิทยาเชิงพรรณนาเพื่อสรุปข้อมูลในเบื้องต้น และเป็นแนวทางในการตั้งสมมติฐานเพื่อศึกษาขั้นต่อไปด้วย	
ขั้นตอนที่ 6 : การศึกษาข้อมูลระบาดวิทยาเชิงวิเคราะห์ เมื่อยังไม่สามารถสรุปสาเหตุการเจ็บป่วยได้ชัดเจน เพื่อให้ได้ข้อสรุปและแนวทางควบคุมป้องกันโรคต่อไป	ขั้นตอนที่ 5 : ทำการศึกษาระบาดวิทยาวิเคราะห์เพื่อพิสูจน์สมมติฐาน
ขั้นตอนที่ 7 : การจัดการควบคุมการระบาด ได้แก่ การรักษาผู้ป่วย การค้นหากลุ่มเสี่ยง การควบคุมป้องกัน และการประชาสัมพันธ์	
ขั้นตอนที่ 8 : การรายงานผลการสอบสวน	ขั้นตอนที่ 7 : สรุปสาเหตุและเขียนรายงาน

กรณีศึกษา

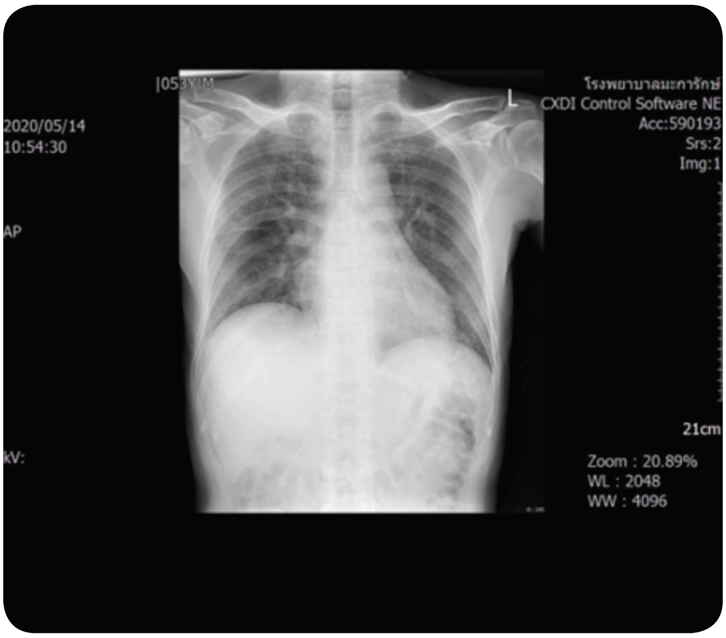
เพื่อให้เข้าใจการสอบสวนโรคจากการประกอบอาชีพและโรคจากสิ่งแวดล้อมได้ดียิ่งขึ้น จะได้ยกกรณีศึกษา 2 เหตุการณ์ ดังต่อไปนี้

กรณีศึกษาที่ 1 "ผมป่วยเป็นอะไรกันแน่?"

ผู้ป่วยชายไทย[2] อายุ 53 ปี สัญชาติไทย ปฏิเสธโรคประจำตัว อยู่อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี ญาตินำส่งโรงพยาบาลมะการักษ์ เมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม 2563 ด้วยอาการหายใจหอบเหนื่อยมา 4 วัน และมีไข้มา 1 วันก่อนมาโรงพยาบาล แพทย์รับไว้เป็นผู้ป่วยใน แรกรับ ผู้ป่วยรู้สึกตัวดี แพทย์สงสัยว่ามีอาการปอดอักเสบจากการติดเชื้อ จึงให้ยาปฏิชีวนะ 2 ชนิด (ceftriaxone และ azithromycin) ทั้งนี้ ผลการตรวจร่างกายและการส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ ดังแสดงในภาพที่ 10.2 และภาพที่ 10.3

- T 39 C RR 22/นาที BP 124/71 mmHg P 92/min
- ปอดฟังเสียงหายใจดังหวีด 2 ข้าง O_2SAT 74%
- CXR พบ reticulonodular infiltration R/O patchy infiltration at LLL
- Hemoculture → No Growth
- Sputum AFB x 2 ครั้ง ผล Negative
- Sputum : Gram Stain →WBC 0-1/LP, Epithelial 3-5/LP

ภาพที่ 10.2 ผลการตรวจร่างกายและการส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการของผู้ป่วยเมื่อเข้ารับการรักษาวันแรก



ภาพที่ 10.3 ภาพถ่ายรังสีของปอดผู้ป่วยเมื่อเข้ารับการรักษาวันแรก

---

[2] รายงานการสอบสวนโรค โดย กลุ่มระบาดวิทยาและตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค พฤษภาคม 2563

3 วันหลังเข้ารับการรักษา (วันที่ 15 พฤษภาคม 2563) เวลา 02.00 น. ผู้ป่วยมีไข้ 39 องศาเซลเซียส มีอาการหอบเหนื่อยมากขึ้น แพทย์จึงใส่ท่อช่วยหายใจเวลา 02.35 น. ขณะเดียวกันพยาบาลกำลังจะใส่สายสวนปัสสาวะ ตรวจพบแผลรอยแดงถลอก ตรงกลางลงลึกถึงชั้นหนังแท้ บริเวณขาหนีบและถุงอัณฑะ จึงซักประวัติจากญาติเพิ่มเติม

ญาติให้ประวัติว่า 5 วันก่อนมาโรงพยาบาล ผู้ป่วยไปรับจ้างดายหญ้าในไร่อ้อย แล้วเห็นว่าบริเวณขอบทางเดินตัดด้วยพร้าไม่ได้ จึงนำถังพ่นยาสะพายหลังมาพ่นยาฆ่าหญ้าบริเวณดังกล่าว ขณะที่พ่น ของเหลวในถังรั่วซึมอาบแผ่นหลังลงไปยังบริเวณขาหนีบจนชุ่ม เมื่อพ่นยาเสร็จไม่ได้อาบน้ำหรือเปลี่ยนเสื้อผ้า

แพทย์เจ้าของไข้ จึงส่งตรวจระดับพาราควอทในปัสสาวะ พบว่าให้ผลบวก และแพทย์ได้ปรับเปลี่ยนการรักษาตามคำแนะนำของศูนย์พิษวิทยา โรงพยาบาลรามาธิบดี แต่ผู้ป่วยมีอาการปอดวายรุนแรง และเสียชีวิตในอีก 12 ชั่วโมงต่อมา

จากกรณีศึกษานี้ เห็นได้ว่า การ “ฉุกคิด” ของพยาบาลที่ดูแลผู้ป่วย เมื่อเห็นพยาธิสภาพที่ “ไม่ปกติ” ประกอบกับการซักประวัติเพิ่มเติม ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ผู้ป่วยเสียชีวิตด้วยอาการปอดวายจากพิษของยาฆ่าหญ้า และกรณีศึกษานี้มีประโยชน์ 3 ประเด็นสำคัญ คือ 1) ผู้ป่วยรายนี้ ช่วยยืนยันว่า ยาฆ่าหญ้าสามารถซึมเข้าสู่ผิวหนังและก่ออาการพิษได้ เนื่องจากแต่เดิมมา พบแต่ผู้ป่วยที่มีอาการจากการกินยาฆ่าตัวตาย หรือ หลังการสูดดมไอละอองขณะฉีดพ่นปริมาณมาก 2) การรักษาผู้ป่วยที่แข็งแรง แต่มีอาการทางปอดรุนแรง ควรต้องวินิจฉัยแยกโรคเพิ่ม ว่าอาจเกิดจากการรับสัมผัสสารเคมีปริมาณมากจากการทำงานด้วยได้ และ 3) ผู้ป่วยรายนี้ เป็นโรคจากการประกอบอาชีพ เนื่องจากรับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชขณะทำงาน ซึ่งหากมีนายจ้าง จะต้องดำเนินการตามกฎหมายเงินทดแทนต่อไปด้วย

กรณีศึกษาที่ 2 “หนูป่วยจากตะกั่วหรือเปล่า?”

เด็กชายไทย[3] อายุ 4 ปี ได้รับการลงทะเบียนอยู่ในโครงการวิจัยของคณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี ระหว่าง พ.ศ. 2552 - 2557 โดยโครงการนี้ ทำการตรวจหาโลหะหนัก 3 ชนิด (ตะกั่ว ปรอท และแคดเมียม) ในเลือดมารดา และสายรกของทารกแรกเกิด ที่คลอด ณ โรงพยาบาลรามาธิบดี หรือ โรงพยาบาลสมุทรปราการ รวมทั้งติดตามดูระดับโลหะหนักในเลือดเด็กเมื่ออายุได้ 6 เดือน หากพบว่าตะกั่วในเลือดสูงเกินเกณฑ์ ทำการส่งต่อเพื่อรับการรักษาต่อเนื่อง

ผู้ป่วยคลอดที่โรงพยาบาลสมุทรปราการ ผลการตรวจระดับตะกั่วในเลือดมารดาและสายรก พบว่าสูงเกินเกณฑ์ (ไม่ทราบตัวเลข) ผู้ป่วยจึงได้รับการเจาะเลือดซ้ำ เมื่ออายุ 7 เดือน พบว่ามีตะกั่วในเลือด 21 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก (5 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร) และของราชวิทยาลัยกุมารแพทย์แห่งประเทศไทย (10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร) จึงได้ทำการเจาะเลือดซ้ำอีก 2 ครั้ง พบว่ามีตะกั่วในเลือด 19 และ 18.8 เมื่ออายุ 8 และ 9 เดือนตามลำดับ

ผลการตรวจติดตามระดับตะกั่วในเลือด ในเวลาต่อมา พบว่ามีค่าสูงเกินเกณฑ์ตลอดจนถึงปัจจุบัน แต่หาสาเหตุไม่พบว่ารับตะกั่วเข้าร่างกายจากไหน และทีมวิจัยฯ สงสัยว่าอาจมีอาการพิษตะกั่วเฉียบพลันหรือเรื้อรัง จึงแจ้งกลุ่มงานอาชีวเวชกรรมโรงพยาบาลสมุทรปราการให้ช่วยทำการสอบสวนสาเหตุ

ทีมแพทย์และพยาบาลจากโรงพยาบาลสมุทรปราการ ร่วมกับทีมนักวิชาการสาธารณสุขจากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสมุทรปราการ และทีมสอบสวนจากกองโรคประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค ได้ลงพื้นที่เยี่ยมบ้านผู้ป่วยและทำการสอบสวน

ผู้ป่วยเกิดเมื่อวันที่ 7 ธันวาคม 2553 คลอดปกติ น้ำหนักแรกเกิด 3,300 กรัม คะแนนประเมินแรกคลอด (APGAR) 9 และ 10 เมื่ออายุ 22 วัน มีอาการตัวเหลือง ได้รับการนำเข้าตู้อบ 1 คืน ผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ พบว่าเอนไซม์ G-6-PD ปกติ มารดาเลือด group B และผู้ป่วย group O ได้รับการวินิจฉัยว่ามีภาวะตัวเหลืองไม่ทราบสาเหตุ “neonatal jaundice from other & unspecified cause” ต่อมาเมื่ออายุ 7 เดือน ได้รับการตรวจคัดกรอง พบว่าเป็นธาลัสซีเมียแบบไม่รุนแรง (Hemoglobin typing : Normal & a-Thalassemia 1 trait)

---

[3] เอกสารประกอบการบรรยาย หัวข้อ “Social Pediatric Block” สถาบันสุขภาพเด็กแห่งชาติมหาราชินี โดย พญ.ฉันทนา ผดุงทศ วันที่ 6 มกราคม พ.ศ.2557

ผู้ป่วยมีพัฒนาการตามวัย แต่มารดาบอกว่าไม่ค่อยแข็งแรง เป็นหวัดบ่อย มีพี่สาว 2 คน (อายุ 12 และ 9 ปี) แข็งแรงดี มารดาขายอาหารทะเลดองในตลาดแถวบ้าน ไม่มีประวัติสัมผัสตะกั่ว ขณะที่บิดาเป็นพนักงานโรงงานผลิตหม้อแบตเตอรี่รถยนต์ เมื่อกลับจากทำงานมักเข้ามาอุ้ม กอดทักทาย และเล่นกับผู้ป่วย สักพักก่อนจะอาบน้ำเปลี่ยนเสื้อผ้า เนื่องจากเป็นลูกชายคนเดียว

บ้านผู้ป่วยอยู่ในเขตอำเภอเมืองสมุทรปราการ ไกลจากนิคมอุตสาหกรรม ไม่มีการทำงานที่ใช้ตะกั่วในบ้าน ไม่มีสีหลุดลอกในบ้าน ซื้อน้ำดื่มกินจากขวด น้ำใช้จากระบบประปาปกติ

ทีมสอบสวนสงสัยว่า ผู้ป่วยได้รับตะกั่วที่ติดมากับชุดทำงานและหมวกแก๊ปของบิดา ซึ่งทำงานสัมผัสตะกั่วตลอดเวลา จึงได้ทำการเช็ดและส่งตัวอย่างฝุ่นจากหมวกแก๊ปและชุดทำงานไปตรวจหาระดับตะกั่ว พบว่ามีปริมาณมาก (ไม่ทราบตัวเลข) จึงนำไปสู่การสรุปว่า ผู้ป่วยได้รับตะกั่วที่ติดมากับชุดทำงานของบิดา

กรณีศึกษานี้ ชี้ให้เห็นว่า เด็กเล็กมีโอกาสรับสัมผัสตะกั่วจากสิ่งแวดล้อมภายในบ้านได้ และแหล่งของตะกั่วที่สำคัญมาก คือ ตะกั่วที่ตกค้างบนเสื้อผ้าของผู้ปกครองที่ทำงานสัมผัสตะกั่ว หรือที่มีชื่อเรียกตามที่ US CDC ใช้ว่า “Take home - lead” ซึ่งผลการสอบสวนนี้ ทำให้ผู้ปกครองและสถานประกอบการ ตระหนักถึงความสำคัญของการไม่นำตะกั่ว “กลับบ้านไปให้เด็กเล็ก” ทั้งนี้ โดยทั่วไปแล้ว สถานประกอบการที่พนักงานมีโอกาสสัมผัสฝุ่นหรือฟูมตะกั่ว จะต้องจัดให้พนักงานใส่ชุดทำงานขณะทำงาน และเมื่อจะกลับบ้าน ต้องอาบน้ำสระผม และเปลี่ยนเสื้อผ้า แต่สำหรับประเทศไทย มีสถานประกอบการไม่กี่แห่ง ที่กำหนดให้พนักงานปฏิบัติตัวแบบนี้

อนึ่ง สำหรับกรณีศึกษาที่ 2 นี้ บิดาของเด็กรู้สึกเสียใจมากที่เป็นต้นเหตุให้ลูกได้รับตะกั่ว จึงลาออกจากงาน และหางานใหม่ที่ปลอดภัยสำหรับลูก ซึ่งหากสถานประกอบการได้รับทราบถึงกรณีนี้ ไม่ควรให้บิดาของเด็กออกจากงาน แต่ควรมีนโยบายให้พนักงานที่มีภรรยาที่จะตั้งครรภ์ กำลังตั้งครรภ์ หรือมีเด็กเล็กอายุน้อยกว่า 5 ปีในบ้าน ต้องเปลี่ยนเสื้อผ้าและอาบน้ำสระผม ก่อนกลับบ้าน อันจะทำให้พนักงานทุกคนและครอบครัวปลอดภัยจากการสัมผัสตะกั่วอย่างแท้จริง

นอกจากจะแสดงให้เห็นถึงความสำคัญและขั้นตอนของการสอบสวนโรคแล้ว กรณีศึกษาทั้งสอง ต่างเป็นโรคจากการประกอบอาชีพ (โรคหรืออาการสำคัญของพิษสารกำจัดศัตรูพืช) และโรคจากสิ่งแวดล้อม (โรคจากตะกั่วหรือสารประกอบของตะกั่ว) ซึ่งหากเกิดขึ้นเมื่อระบบสอบสวนโรคภายใต้พระราชบัญญัติควบคุมโรคจากการประกอบอาชีพและโรคจากสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2562 มีความพร้อม จะต้องมีการดำเนินการตามกลไกภายใต้ พ.ร.บ.ฯ กล่าวคือ

- **กรณีศึกษาที่** 1 (โรคพิษพาราควอท) เจ้าหน้าที่โรงพยาบาลมะการักษ์ (เช่น ผู้อำนวยการ หัวหน้ากลุ่มงานอาชีวเวชกรรม หรือแพทย์เจ้าของไข้) ต้องแจ้งพนักงานเจ้าหน้าที่ตามมาตรา 30 (เช่น หัวหน้ากลุ่มอนามัยสิ่งแวดล้อมและอาชีวอนามัย สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดกาญจนบุรี) จากนั้น พนักงานเจ้าหน้าที่ทำการสอบสวนโรค และเขียนรายงานเพื่อเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมโรคจากการประกอบอาชีพและโรคจากสิ่งแวดล้อมจังหวัดกาญจนบุรี ขณะเดียวกัน เนื่องจากผู้ป่วยรายนี้ได้รับการว่าจ้างอย่างไม่เป็นทางการ ถือเป็นแรงงานนอกระบบ และเนื่องจากเสียชีวิต พนักงานเจ้าหน้าที่จึงไม่อาจสั่งนายจ้างให้ดำเนินการตามมาตรา 33 ได้ แต่หากมีนายจ้างและมีเพื่อนร่วมงานของผู้ป่วยที่อาจมีอาการป่วย พนักงานเจ้าหน้าที่จะสามารถสั่งให้นายจ้างนำเพื่อนร่วมงานไปรับการตรวจสุขภาพตามความเสี่ยงได้ เช่น ตรวจระดับพาราควอทในปัสสาวะ และตรวจร่างกายเพื่อหารอยโรค
- **กรณีศึกษาที่** 2 (โรคพิษตะกั่ว) เจ้าหน้าที่โครงการวิจัยจากโรงพยาบาลรามาธิบดี แจ้งพนักงานเจ้าหน้าที่ (นักวิชาการสาธารณสุข ปฏิบัติงาน ณ กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม) ซึ่งได้ลงพื้นที่สอบสวนโรคร่วมกับทีมงานจากกลุ่มงานอาชีวเวชกรรม โรงพยาบาลสมุทรปราการและสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสมุทรปราการ ดังนั้น ควรต้องเขียนรายงานเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมโรคจากการประกอบอาชีพและโรคจากสิ่งแวดล้อมจังหวัดสมุทรปราการ และเนื่องจากทราบแหล่งกำเนิดตะกั่วที่ปนเปื้อนว่ามาจากสถานประกอบการที่บิดาของผู้ป่วยทำงานอยู่ ดังนั้น พนักงานเจ้าหน้าที่สามารถใช้อำนาจตามมาตรา 36 ในการให้คำแนะนำแก่สถานประกอบการ เพื่อลดการนำตะกั่วกลับบ้านไปให้เด็กในความดูแลของพนักงานที่สัมผัสตะกั่ว

บทสรุป

โดยสรุปแล้ว การสอบสวนโรคจากการประกอบอาชีพและโรคจากสิ่งแวดล้อม ในบริบทประเทศไทย ณ ปัจจุบันนี้ มีมาตรการทางกฎหมายรองรับสำหรับโรคจากการประกอบอาชีพ จำนวน 5 โรค และโรคจากสิ่งแวดล้อม จำนวน 2 โรค สำหรับโรคจากการประกอบอาชีพหรือโรคจากสิ่งแวดล้อมอื่นๆนั้น เป็นการดำเนินการตามระบบปกติของการรายงานและสอบสวนโรค ที่ดำเนินการร่วมกันระหว่างกองระบาดวิทยา กองควบคุมโรคและภัยสุขภาพในภาวะฉุกเฉินและกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค ผ่านระบบที่เรียกว่า “Situation Awareness Team (SAT)” และ “Event-based Surveillance” โดยมีหน่วยงานเครือข่ายที่สำคัญ คือ กลุ่มงานระบาดวิทยาและตอบโต้ภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุข สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1-12 สำนักงานป้องกันควบคุมโรคเขตเมือง และกลุ่มงานระบาดวิทยา กลุ่มงานควบคุมโรค กลุ่มงานอนามัยสิ่งแวดล้อมและอาชีวอนามัย สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดทุกแห่ง รวมทั้งกองโรคติดต่อ สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร

ทั้งนี้ แม้จะมีขั้นตอนการสอบสวนโรคหลายขั้นตอน แต่ขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ของการสอบสวนโรคจากการประกอบอาชีพและโรคจากสิ่งแวดล้อม คือ การตั้งข้อสงสัย โดยตัวผู้ป่วยเอง เพื่อนร่วมงาน นายจ้าง สมาชิกในครอบครัว หรือเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์และสาธารณสุข ว่าอาการหรืออาการแสดงของโรคนั้น มีสาเหตุจากการทำงานหรือจากมลพิษสิ่งแวดล้อมหรือไม่ อันจะนำไปสู่การแจ้งเหตุ การยืนยันการเกิดโรค การสอบสวนโรค รวมทั้ง การเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรคในประชากรกลุ่มเสี่ยงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

คำนวณ อึ้งชูศักดิ์. การสอบสวนโรค : เครื่องมือเพื่อหาจุดบกพร่องของระบบสาธารณสุข. ใน : หลักวิชาและการประยุกต์ระบาดวิทยาสำหรับผู้บริหารงานสาธารณสุข. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สถาบันพัฒนาการสาธาธารณสุขอาเซียน มหาวิทยาลัยมหิดล. 2549. หน้า 29 – 45.

Bonita R, Beaglehole R and Kjellstorm T. Basic Epidemiology. 2nd Edition. World Health Organization : 2006.

แสงโฉม เกิดคล้าย. การเฝ้าระวังและสอบสวนโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี : สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. 2547.

พระราชบัญญัติควบคุมโรคจากการประกอบอาชีพและโรคจากสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2562. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 136, ตอนที่ 67 ก (ลงวันที่ 22 พฤษภาคม 2562).

กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ.2563 เรื่อง ชื่อหรืออาการสำคัญของโรคจากการประกอบอาชีพ. ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 138, ตอนพิเศษ 63 ง (ลงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2564).

กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ.2563 เรื่อง ชื่อหรืออาการสำคัญของโรคจากสิ่งแวดล้อม. ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 138, ตอนพิเศษ 63 ง (ลงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2564).

บทที่

11

สถานการณ์ด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม
ในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC)

บทที่
11

สถานการณ์ด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC)

โดย นายณัฐพงศ์ แหละหมัน

บทนำ

โครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor: EEC) เกิดขึ้นเพื่อรองรับการเติบโตทางเศรษฐกิจในอนาคต ซึ่งที่ตั้งของประเทศไทยเป็นตำแหน่งที่ดีที่สุดของการลงทุนในอาเซียน เพื่อเชื่อมเอเชียและเชื่อมโลก โครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกเป็นแผนยุทธศาสตร์ภายใต้ไทยแลนด์ 4.0 ด้วยการพัฒนาเชิงพื้นที่ที่ต่อยอดความสำเร็จมาจากแผนพัฒนาเศรษฐกิจภาคตะวันออก Eastern Seaboard ที่ดำเนินมาตลอดกว่า 30 ปีที่ผ่านมาโดย EEC มีเป้าหมายหลักในการเติมเต็มภาพรวมของการส่งเสริมการลงทุนซึ่งจะเป็นการยกระดับอุตสาหกรรมของประเทศ เพิ่มความสามารถในการแข่งขันและทำให้เศรษฐกิจของไทยเติบโตได้ในระยะยาว โดยในระยะแรกจะเป็นการยกระดับพื้นที่ในเขต 3 จังหวัด คือ จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดชลบุรี และจังหวัดระยอง ให้เป็นพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก เพื่อรองรับการขับเคลื่อนเศรษฐกิจอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ผ่านกลไกการบริหารจัดการภายใต้การกำกับดูแลของคณะกรรมการนโยบายพื้นที่เขตเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (ปัจจุบันเปลี่ยนชื่อเป็นคณะกรรมการนโยบายเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (กพอ.)) ที่มีนายกรัฐมนตรีเป็นประธาน

เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor: EEC) เชื่อมโยงกับยุทธศาสตร์ชาติที่ 2 การสร้างความสามารถในการแข่งขัน ภายใต้แผนแม่บทที่ 9 เขตเศรษฐกิจพิเศษ เป็นแผนแม่บทย่อยที่ 9.1 เขตเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก แผนงานบูรณาการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก ซึ่งอยู่ภายใต้แผนการดำเนินงานที่ 6 คือการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ สิ่งแวดล้อมเมือง และสาธารณสุข โดยมีเหตุผลสำคัญที่จะไม่มุ่งเน้นพัฒนาเฉพาะอุตสาหกรรมเพียงอย่างเดียว แต่คาดหวังเรื่องวิถีชีวิตและความเป็นอยู่ของประชาชนและสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น การพัฒนาด้านสาธารณสุขเน้นระบบบริการที่รองรับกับการพัฒนา และใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เน้นความร่วมมือในการลงทุน และดำเนินการร่วมกับภาคเอกชนและมีระบบเฝ้าระวังสุขภาพที่เหมาะสม เป็นนโยบายของรัฐบาลที่มีเป้าหมายในการพัฒนาเศรษฐกิจ ที่มุ่งเน้นการใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีขั้นสูงและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีของประชาชน

ทั้งนี้กระทรวงสาธารณสุขได้ดำเนินการเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรคในภาพรวม และรายประเด็นมลพิษที่เกิดขึ้นสำหรับการดำเนินกิจกรรมในภาพรวม เช่น กรมควบคุมโรค ได้ดำเนินการส่งเสริมสนับสนุนให้สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง จัดทำข้อมูลพื้นฐานด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม (Occupational and Environmental Health Profile: OEHP) ในพื้นที่ EEC หรือการส่งเสริมผลักดันให้หน่วยบริการสุขภาพมีการดำเนินงานด้านการจัดบริการอาชีวอนามัยและเวชกรรมสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ส่วนการดำเนินงานตามประเด็นมลพิษ เช่น สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดฉะเชิงเทราได้ดำเนินการเฝ้าระวังสุขภาพประชาชนกรณีการลักลอบทิ้งกากของเสียอุตสาหกรรมทำให้มีสารเคมีปนเปื้อน

สิ่งแวดล้อม หน่วยงานสาธารณสุขในจังหวัดชลบุรีร่วมกับหน่วยงานเครือข่ายได้ดำเนินการเฝ้าระวังสุขภาพประชาชนที่อาศัยโดยรอบโรงโม่หินและผู้ประกอบอาชีพจากโรงโม่หินปีละ 1 ครั้ง สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดระยองดำเนินโครงการเฝ้าระวังสุขภาพประชาชนในเขตควบคุมมลพิษ จังหวัดระยอง ตั้งแต่ปี 2553 ถึงปัจจุบัน เป็นต้น ดังนั้นการจัดทำรายงานสถานการณ์ด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC) นั้นเป็นการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา (Situation analysis) ด้านสิ่งแวดล้อม และสุขภาพ ในพื้นที่ 3 จังหวัด EEC (ฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง) ซึ่งมีแนวคิดมาจากการพัฒนาระบบเฝ้าระวังโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก เริ่มต้นจากการรวบรวม เรียบเรียงและวิเคราะห์ข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ของหน่วยงานเครือข่ายที่เกี่ยวข้อง ซึ่งข้อมูลที่นำมาจัดทำรายงานสถานการณ์ฯประกอบด้วย ข้อมูลจากระบบคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพ ของกระทรวงสาธารณสุข (Health Data Center – HDC) ข้อมูลคุณภาพสิ่งแวดล้อมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนข้อมูลจากงานวิจัยต่าง ๆ โดยมีข้อมูลสถานการณ์ที่สำคัญดังนี้

ข้อมูลสถานการณ์ทั่วไป

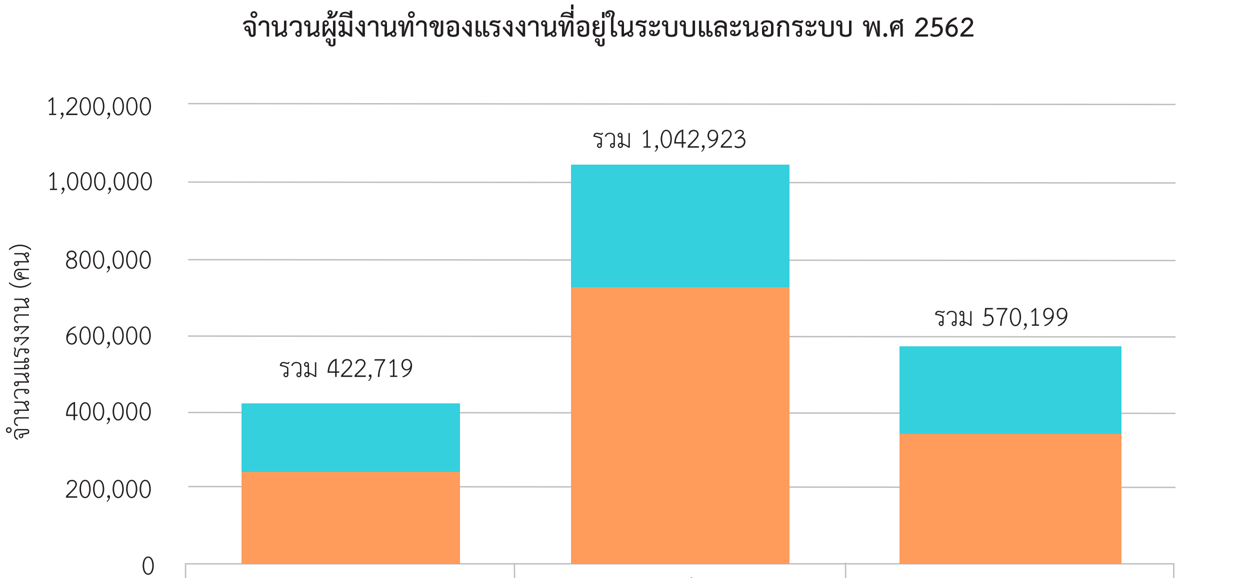
ข้อมูลด้านประชากร พบว่าใน ปี พ.ศ. 2562 มีประชากรในพื้นที่ 3 จังหวัด EEC เท่ากับ 3,091,1044 คน ส่วนข้อมูลประชากรแฝง พบว่า ในพื้นที่ EEC มีประชากรแฝงทั้งหมด 797,105 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 25.79 ของประชากรทั้งหมด ดังตารางที่ 11.1 สำหรับข้อมูลด้านแรงงาน พบว่าจำนวนแรงงานส่วนใหญ่เป็นแรงงานในระบบ โดยจำนวนแรงงานในระบบรวมของ 3 จังหวัดในพื้นที่ EEC มีจำนวน 1,309,978 คน ตามภาพที่ 11.1 ส่วนข้อมูลจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมพบว่า จังหวัดระยองเป็นจังหวัดที่มีนิคมอุตสาหกรรม เขตประกอบการอุตสาหกรรม และชุมชนอุตสาหกรรม มากที่สุดในพื้นที่ EEC ส่วนข้อมูลการนำเข้าสารเคมี พบว่า จังหวัดระยองมีการนำเข้ากลุ่มสารกัดกร่อน กลุ่มสารไวไฟ และกลุ่มสารออกซิไดซ์มากที่สุด จังหวัดชลบุรีมีการนำเข้ากลุ่มสารระคายเคืองมากที่สุด และจังหวัดฉะเชิงเทรามีการนำเข้ากลุ่มสารที่เป็นพิษมากที่สุด ตามภาพที่ 11.2

ตารางที่ 11.1 จำนวนประชากรจากสำมะโนประชากรและเคหะ พ.ศ. 2553 และจากทะเบียนราษฎรจำแนกตามจังหวัด

จังหวัด	จำนวนประชากรในจังหวัด จาก สปค. 53			จำนวนประชากรจากทะเบียนราษฎร พ.ศ. 2553	จำนวนประชากรในจังหวัดที่ไปอาศัยอยู่ที่อื่น	ร้อยละของประชากรแฝงที่ไม่มีชื่อในทะเบียนบ้าน
	รวม	ไม่มีชื่อในทะเบียนบ้านในจังหวัดนี้ (ประชากรแฝง)	มีชื่อในทะเบียนบ้านในจังหวัดนี้			
ฉะเชิงเทรา	715,603	82,670	632,933	673,933	41,000	11.6
ชลบุรี	1,554,442	494,782	1,059,660	1,316,293	256,633	31.8
ระยอง	820,999	219,653	601,346	626,402	25,056	26.8
รวม	**3,091,044**	**797,105**	**2,293,939**	**2,616,628**	**322,689**	**25.79**

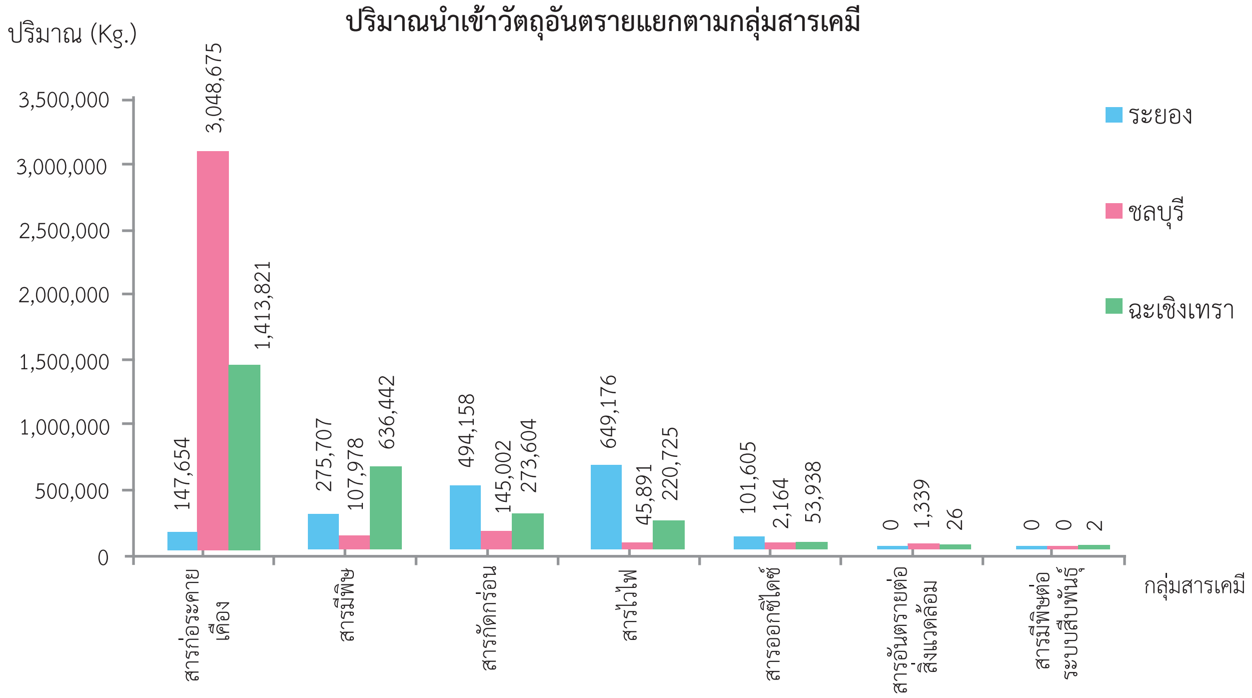
หมายเหตุ: คำนวณจากประชากรตามทะเบียน พ.ศ. 2553 ลบด้วยประชากรที่มีชื่อในทะเบียนในจังหวัดนี้จากการสำมะโนประชากรและเคหะ พ.ศ. 2553

ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ



	ฉะเชิงเทรา	ชลบุรี	ระยอง
แรงงานนอกระบบ	179,703	319,587	226,573
แรงงานในระบบ	243,016	723,336	343,626

ภาพที่ 11.1 จำนวนผู้มีงานทำของแรงงานที่อยู่ในระบบและนอกระบบ พ.ศ. 2562
(สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2562)



ภาพที่ 11.2 ปริมาณนำเข้าวัตถุอันตรายแยกตามกลุ่มสารเคมีปี 2562
(กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2562)

สถานการณ์ด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ

ข้อมูลสถานการณ์ด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมประกอบด้วยข้อมูล สถานการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมและข้อมูลสุขภาพ จากฐานข้อมูลของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการศึกษาวิจัยต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ EEC

ประเด็นปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมแยกเป็นรายจังหวัดในพื้นที่ EEC มีรายละเอียดดังนี้

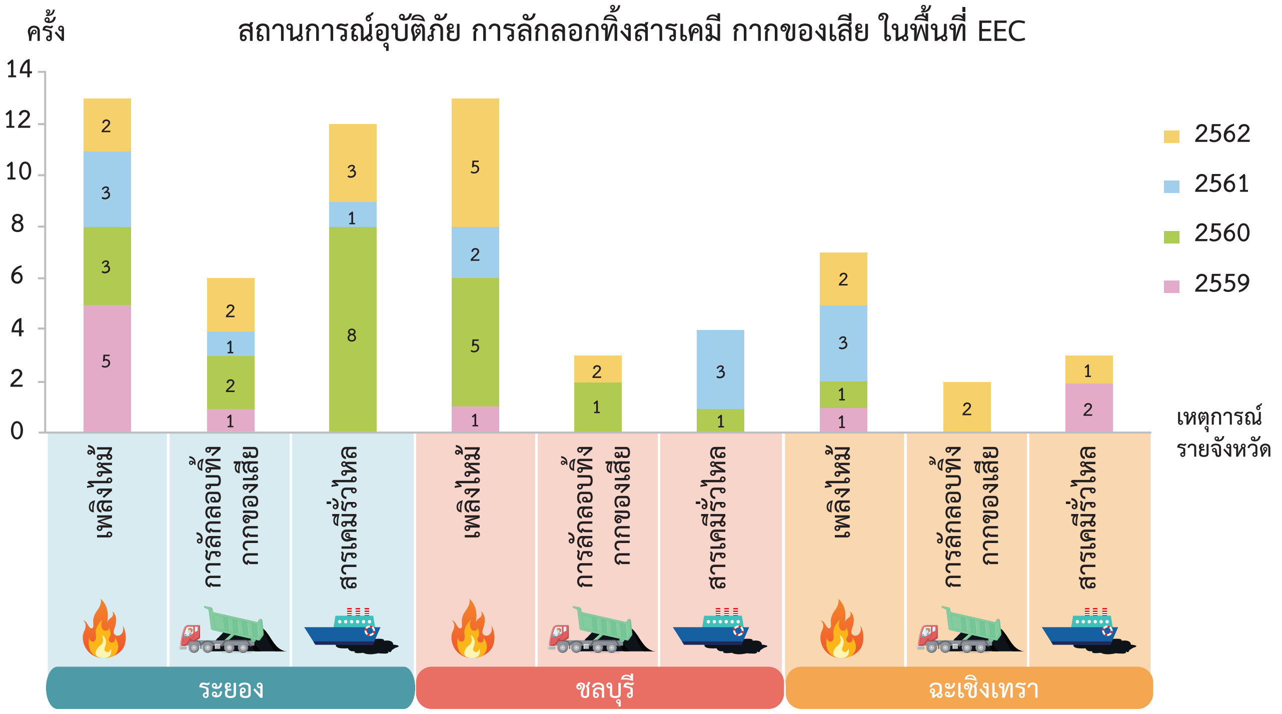
จังหวัดฉะเชิงเทรา มีปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมจากการลักลอบทิ้งกากของเสียอุตสาหกรรมลงสู่ธรรมชาติและพื้นที่รกร้างว่างเปล่าอย่างต่อเนื่อง เป็นการเปลี่ยนสถานที่ทิ้งไปเรื่อยๆ ตั้งแต่การลักลอบทิ้งกากของเสียอุตสาหกรรม ที่ตำบลหนองแหน อำเภอพนมสารคาม ในปี 2555 และในปี 2562 มีการลักลอบทิ้งกากของเสียอุตสาหกรรมขึ้นอีกในพื้นที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนยายแจ๋ว อำเภอพนมสารคาม จากเหตุการณ์การลักลอบทิ้งกรณีพื้นที่ที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนยายแจ๋ว ตัวบ่งชี้ที่ชัดเจนว่ามีการปนเปื้อน คือ ผลการตรวจสิ่งแวดล้อม เช่น ผลการตรวจวัดระดับโลหะหนักในแหล่งน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่มีผลการตรวจวัดสูงเกินค่ามาตรฐาน

จังหวัดชลบุรี มีปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ คือ ปัญหาฝุ่นละอองจากเหมืองหิน และโรงโม่หิน ที่ขาดความเข้มงวดในการควบคุมฝุ่นละออง นอกจากนี้ยังมีปัญหากิจการตู้คอนเทนเนอร์ จากการสำรวจข้อมูลของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดชลบุรี พบว่า กิจการตู้คอนเทนเนอร์ (ให้บริการดูแลตู้บรรจุสินค้าและการให้บริการหัวรถลาก) มีจำนวนทั้งหมด 316 แห่ง โดยประเภทหัวรถลากมีมากที่สุด จำนวน 177 แห่ง รองลงมาเป็นประเภทไม่แยกประเภท จำนวน 70 แห่ง และประเภทตู้บรรจุสินค้า จำนวน.63.แห่งปัญหาอนามัยสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่เกิดจากกิจการดังกล่าว คือ ปัญหาเสียงดังรบกวน สารเคมีปนเปื้อน ฝุ่นละอองขนาดเล็ก และการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งพบว่ากิจการส่วนใหญ่ร้อยละ 76.67 มีที่ตั้งอยู่ใกล้สถานที่สำคัญ ในระยะ 1 กิโลเมตร ได้แก่ ใกล้ชุมชน ศาสนสถาน สถานศึกษา สถานพยาบาล และสถานที่ราชการ

จังหวัดระยอง มีปัญหาการปนเปื้อนสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในเขตควบคุมมลพิษ เนื่องจากเป็นแหล่งอุตสาหกรรมประเภทปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ ทำให้ผลการตรวจวัดระดับ VOCs บางชนิด ได้แก่สารเบนซีน 1,3-บิวทาไดอีน 1,2-ไดคลอโรอีเทนในบรรยากาศอยู่ในระดับเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศอย่างต่อเนื่อง การตรวจพบสารเบนซีนเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศอาจสามารถเกิดขึ้นในพื้นที่อื่นๆที่มีการจราจรหนาแน่นเช่นกรุงเทพมหานคร แต่การตรวจพบสาร 1,3-บิวทาไดอีน และ 1,2-ไดคลอโรอีเทน เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ พบเฉพาะพื้นที่ที่เป็นที่ตั้งของอุตสาหกรรมประเภทปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ คือพื้นที่มาบตาพุด อย่างไรก็ตามระดับของการปนเปื้อนมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องแต่ยังอยู่ในระดับที่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ นับเป็นสิ่งคุกคามสุขภาพที่ประชาชนในพื้นที่จะต้องสัมผัสอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้ข้อมูลจาก สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค13 (ชลบุรี) ยังพบว่า ปริมาณโลหะหนักในตะกอนดินในแหล่งน้ำผิวดินบริเวณคลองสาธารณะในพื้นที่มาบตาพุดและพื้นที่ใกล้เคียงในปี 2560 และ 2561 จำนวน 25 ตัวอย่าง พบว่ามีการปนเปื้อนสารหนูและแคดเมียมเกินเกณฑ์คุณภาพตะกอนดินในแหล่งน้ำผิวดินร้อยละ 92 สังกะสี ร้อยละ 58 ทองแดง ร้อยละ 36 นิกเกิล ร้อยละ 16 ปรอททั้งหมดร้อยละ 12 โครเมียมและตะกั่ว ร้อยละ 4

2) ข้อมูลสถิติการเกิดอัคคีภัย/อุบัติภัยสารเคมี

จากการรวบรวมข้อมูลสถานการณ์อุบัติภัย การลักลอบทิ้งกากของเสียในพื้นที่ EEC ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) และจากฐานข้อมูล OEHP ย้อนหลัง 4 ปี ตั้งแต่ปี 2559 - 2562 พบว่า เกิดเหตุการณ์ทั้งหมด 63 ครั้ง โดยเหตุการณ์เพลิงไหม้เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมากที่สุด รวมกันทั้ง 3 จังหวัดเกิดเหตุการณ์ไปทั้งหมด 33 ครั้ง รองลงมา คือ สารเคมีรั่วไหล รวมกันทั้ง 3 จังหวัดเกิดเหตุการณ์ไปทั้งหมด 19 ครั้ง ส่วนการลักลอบทิ้งกากของเสีย รวมกันทั้ง 3 จังหวัดเกิดเหตุการณ์ทั้งหมด 11 ครั้ง จังหวัดที่เกิดเหตุการณ์มากที่สุด คือ จังหวัดระยอง จำนวน 31 ครั้ง รองลงมา คือ จังหวัดชลบุรี จำนวน 20 ครั้ง และจังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 12 ครั้ง ดังภาพที่ 11.3



ภาพที่ 11.3 สถานการณ์อุบัติภัย การลักลอบทิ้งสารเคมีและกากของเสียในพื้นที่ EEC ปี 2559 - 2562

ที่มา: สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) และสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง

3) ข้อมูลสถานการณ์ด้านสุขภาพจากมลพิษสิ่งแวดล้อม

ข้อมูลด้านสุขภาพที่รวบรวมมาในที่นี้เป็นประเด็นที่เกี่ยวข้องกับมลพิษสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ 3 จังหวัด EEC โดยมีทั้งข้อมูลการเฝ้าระวังเชิงรุก เช่น ข้อมูลจากโครงการเฝ้าระวังสุขภาพในพื้นที่เฉพาะ ข้อมูลการเฝ้าระวังเชิงรับ เช่น ข้อมูลการวินิจฉัยโรคจากฐานข้อมูล HDC และฐานข้อมูลโรคมะเร็งของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ รวมทั้งข้อมูลจากงานวิจัยต่าง ๆ โดยมีรายละเอียด

จังหวัดฉะเชิงเทรา จากเหตุการณ์ลักลอบทิ้งกากของเสียอุตสาหกรรมลงสู่ธรรมชาติและพื้นที่รกร้างว่างเปล่านั้น ตัวบ่งชี้ที่ชัดเจนว่ามีการปนเปื้อน คือ ผลการตรวจสิ่งแวดล้อม เช่น ผลการตรวจวัดระดับโลหะหนักในแหล่งน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่มีผลการตรวจวัดสูงเกินค่ามาตรฐาน ส่วนผลการเฝ้าระวังสุขภาพประชาชนพบว่ายังไม่มีการสัมผัสโลหะหนักจากแหล่งที่ปนเปื้อนดังกล่าว

จังหวัดชลบุรี เนื่องจากจังหวัดชลบุรีเป็นที่ตั้งของแหล่งอุตสาหกรรมเหมืองแร่และโรงโม่หินที่มีมากเป็นลำดับต้น ๆ ของประเทศ ทำให้ผู้ประกอบอาชีพและประชาชนที่อาศัยโดยรอบสถานประกอบการต้องสัมผัสกับฝุ่นที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ จังหวัดชลบุรีจึงดำเนินการเฝ้าระวังโรคซิลิโคสิสในพื้นที่อำเภอเมืองชลบุรี มาตั้งแต่ปี 2551 จนถึงปัจจุบัน โดยแบ่งการดำเนินงานเฝ้าระวังออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้ประกอบอาชีพในสถานประกอบการโรงโม่หิน และกลุ่มประชาชนที่มีที่พักอาศัยรอบโรงโม่หิน โดยในปี 2562 พบอัตราอุบัติการณ์ของโรคซิลิโคสิสในกลุ่มผู้ประกอบอาชีพในสถานประกอบการโรงโม่หิน คิดเป็นร้อยละ 1.55 และมีอัตราความชุกของโรคซิลิโคสิส คิดเป็นร้อยละ 11.38 ดังตารางที่ 11.2 และตารางที่ 11.3 สำหรับกลุ่มประชาชนที่พักอาศัยโดยรอบโรงโม่หิน พบอัตราอุบัติการณ์ ของโรคซิลิโคสิส คิดเป็นร้อยละ 1.80 และอัตราความชุกของโรคซิลิโคสิสคิดเป็นร้อยละ 4.10

ตารางที่ 11.2 ข้อมูลการเฝ้าระวังโรคซิลิโคสิสในสถานประกอบการโรงโม่หิน ปี 2551–2562 (โรงพยาบาลชลบุรี, 2563)

ผล CXR	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559	ปี 2560	ปี 2561	ปี 2562
จำนวนสถานประกอบการ	18 แห่ง	19 แห่ง	147 แห่ง	17 แห่ง	20 แห่ง	19 แห่ง	18 แห่ง	18 แห่ง	17 แห่ง	17 แห่ง	17 แห่ง	18 แห่ง
ปกติ (0/0)	618	339	277	249	356	247	283	311	220	182	141	140
ผิดปกติ	411	611	553	614	717	692	741	711	703	853	790	765
รวม	1,029	950	830	863	1,073	939	1,024	1,022	923	1,035	931	905
0/1,1/0	384	561	526	540	641	617	661	635	616	745	693	662
1/0											263 (-/263)	238 (26/212)
1/1 ขึ้นไป (Silicosis)	23	49	25	74	76	75	78	76	87	108	97	103
(ใหม่/เก่า)	16/7	39/10	5/20	43/31	13/63	10/65	13/65	10/66	18/69	14/94	11/86	14/89
1/1 + TB	-	1	1	-	1	1	1	-	-	1	0	0
(ใหม่/เก่า)	-	(1/-)	(-/1)	-	(1/-)	(-/1)	(1/1)	-	-	(-/1)	0	0
TB	5	5	-	-	4	7	7	5	-	-	2	1
โรคปอดอื่นๆ	17	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อุบัติการณ์ของ Silicosis (%)	1.6	4.11	0.60	4.98	1.2	1.1	1.37	0.98	1.95	1.35	1.18	1.55
ความชุกของ Silicosis (%)	2.2	5.16	3.13	8.57	7.1	8.0	7.81	7.44	9.43	10.43	10.42	11.38
ความชุกของ TB (%)	0.5	0.5	0.0	0.0	0.4	0.7	0.88	0.49	0.00	0.10	0.21	0.11

ตารางที่ 11.3 ผลการติดตามการเฝ้าระวังโรคซิลิโคสิสในชุมชนรอบสถานประกอบการโรงโม่หิน ปี 2557-2562 (โรงพยาบาลชลบุรี, 2563)

ผล CXR	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559	ปี 2560	ปี 2561	ปี 2562
ประชาชนที่ได้รับการตรวจ	458	657	830	833	877	887
ปกติ (0/0)	450	646	814	792	826	850
Silicosis	8	11	31	41	51	37
(ใหม่/เก่า)	8/0	7/4	24/7	19/22	20/31	16/21
อุบัติการณ์ของ Silicosis (%)	1.7	1.1	2.9	2.3	2.3	1.8
ความชุกของ Silicosis (%)	1.7	1.7	3.7	4.9	5.8	4.1

จังหวัดระยอง มีความเสี่ยงทางสุขภาพที่อาจเกี่ยวข้องกับมลพิษในพื้นที่จังหวัดระยองคือ VOCsโดยมีผลการเฝ้าระวังสุขภาพต่างๆ ดังนี้

■ สถานการณ์การเจ็บป่วยและการสัมผัสสารอินทรีย์ จากการเฝ้าระวังสุขภาพประชาชนในเขตควบคุมมลพิษจังหวัดระยอง ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2553 เป็นต้นมา สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดระยองได้จัดกิจกรรมการออกหน่วยตรวจสุขภาพตามความเสี่ยงให้แก่ประชาชนที่อยู่อาศัยในที่เขตควบคุมมลพิษ โดยตรวจสุขภาพทั่วไป ตรวจอนุพันธ์ของสารเบนซีนในปัสสาวะ (trans, trans-muconic acid: t,t-MA) ตรวจการทำงานของตับ ตรวจการทำงานของไต ตรวจหาภาวะโลหิตจาง ปีละประมาณ 10,000-15,000 คน จากการวิเคราะห์ผลการตรวจสุขภาพและดัชนีชีวภาพตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 – 2559 (ไม่มีการตรวจสุขภาพในปี พ.ศ. 2556) มีการตรวจสุขภาพประชาชนจำนวน 86,818 ครั้ง มีผู้เข้าร่วมทั้งหมด 49,379 ราย มีผู้เข้ารับการตรวจซ้ำติดต่อกันมากกว่า 5 ปี เพียง 1,195 ราย พบว่า ค่ามัธยฐานของสารอนุพันธ์ของเบนซีนในปัสสาวะ (trans, trans-muconic acid (t,t-MA)) โดยรวม 6 ปี มีค่าเท่ากับ 60 µg/g Cr ซึ่งค่าเฉลี่ยในแต่ละปีมีความแตกต่างกันและแตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุ โดยในกลุ่มอายุน้อยกว่า 15 ปี มีค่ามัธยฐานของสารอนุพันธ์ของเบนซีนในปัสสาวะเท่ากับ 133 (89-203), 72 (41-136), 81 (52-135), 64 (37-120), 33 (21-53), 28 (18-47) µg/g Cr ในปี พ.ศ. 2553, 2554, 2555, 2557, 2558, 2559 ตามลำดับ และพบว่าในกลุ่มอายุมากกว่าหรือเท่ากับ 15 ปี มีค่ามัธยฐานของสารอนุพันธ์ของเบนซีนในปัสสาวะเท่ากับ 123 (86-184), 101 (58-182), 87 (54-146), 58 (36-96), 36 (22-61), 46 (25-89) µg/g Cr ในปี พ.ศ. 2553, 2554, 2555, 2557, 2558, 2559 ตามลำดับ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสมการถดถอย เชิงเส้นแบบนัยทั่วไป (Generalized Estimating Equation: GEE) พบความสัมพันธ์ระหว่าง t,t-MA กับอายุ เพศ การสูบบุหรี่ ค่าครีเอตินิน (การทำงานของไต) และฮีโมโกลบิน (เม็ดเลือดแดง) พบว่าเด็กอายุ 5-9 ปี มีค่ามัธยฐานกลางของ t,t-MA สูงกว่าผู้ใหญ่ประมาณ 1.1 ถึง 1.2 เท่า เพศชายมีค่า t,t-MA สูงกว่าเพศหญิง 1.2 เท่า ผู้สูบบุหรี่มีค่า t,t-MA สูงกว่าผู้ไม่สูบบุหรี่ประมาณ 2 เท่า ผู้มีค่าครีเอตินินสูง มีค่า t,t-MA น้อยลง ผู้มีค่า t,t-MA สูง สัมพันธ์กับจำนวนฮีโมโกลบิน (เม็ดเลือดแดง) ที่มีจำนวนน้อยลง

■ สถานการณ์การเจ็บป่วยโรคเนื้องอก (รวมมะเร็ง) และการป่วยรูปร่างผิดปกติแต่กำเนิด การพิการจนผิดรูปแต่กำเนิดและโครโมโซมผิดปกติในจังหวัดระยอง โดยข้อมูลสถิติผู้ป่วยด้วยมะเร็งเม็ดเลือดขาวตั้งแต่ปี 2541 ถึง 2555 พบว่าอัตราการเกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาวของจังหวัดระยองสูงกว่าระดับประเทศ ทั้งนี้จังหวัดระยองเป็นที่ตั้งของแหล่งอุตสาหกรรมต่างๆ และเป็นพื้นที่ที่พบปริมาณ VOCs สูงเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยข้อมูลนี้มีข้อจำกัดคือยังขาดการศึกษาทางระบาดวิทยาว่ามีความสัมพันธ์กับมลพิษในพื้นที่หรือไม่

4) ข้อมูลการวินิจฉัยโรคจากระบบคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข (HDC)

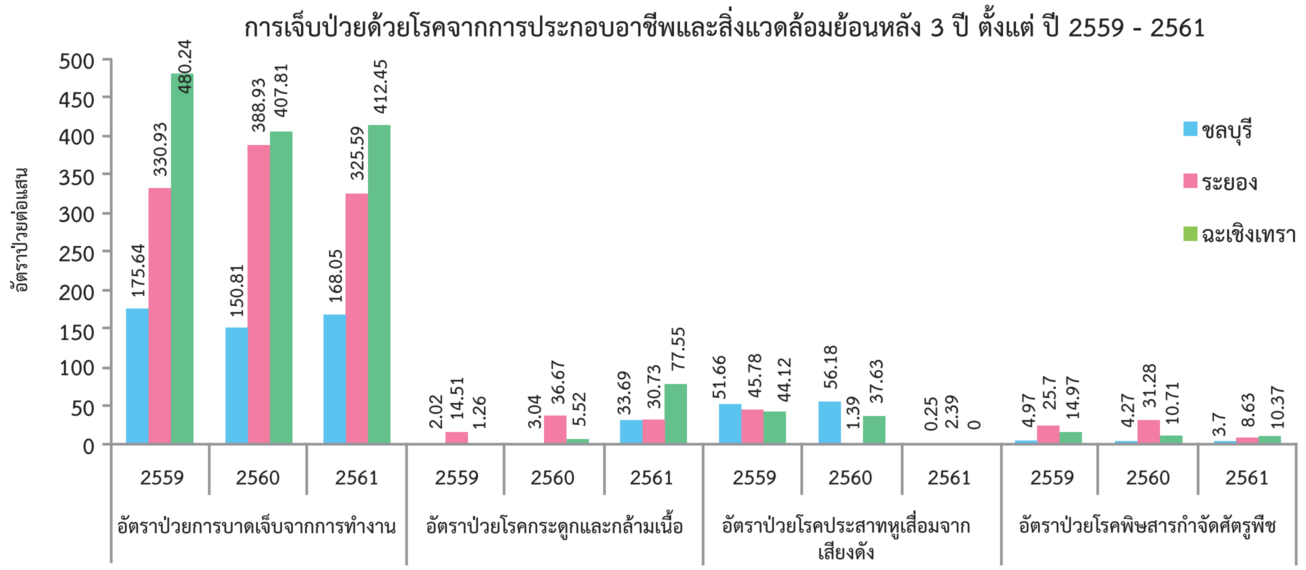
การวิเคราะห์ข้อมูลโรคจากการประกอบอาชีพจากข้อมูลจากคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข Health Data Center (HDC) ย้อนหลัง 3 ปี ตั้งแต่ ปี 2559–2561 (สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดระยอง, 2561) พบว่า

■ การบาดเจ็บจากการทำงาน จังหวัดฉะเชิงเทรามีอัตราป่วย 480.24, 407.81 และ 412.45 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ จังหวัดชลบุรี มีอัตราป่วย 175.64, 150.81 และ 168.05 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ จังหวัดระยอง มีอัตราป่วย 330.93, 388.93 และ 325.59 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ

■ โรคกระดูกและกล้ามเนื้อ จังหวัดฉะเชิงเทรา มีอัตราป่วย 1.26, 5.52 และ 77.55 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ จังหวัดชลบุรี มีอัตราป่วย 2.02, 3.04 และ 33.69 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ จังหวัดระยอง มีอัตราป่วย 14.51, 36.67 และ 30.73 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ

■ โรคประสาทหูเสื่อมจากเสียงดัง จังหวัดฉะเชิงเทรา มีอัตราป่วย 44.12, 37.63 และ 0 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ จังหวัดชลบุรี มีอัตราป่วย 51.66, 56.18 และ 0.25 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ จังหวัดระยอง มีอัตราป่วย 45.28, 1.39 และ 2.39 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ

■ โรคพิษสารกำจัดศัตรูพืช จังหวัดฉะเชิงเทรา มีอัตราป่วย 14.97, 10.71 และ 10.37 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ จังหวัดชลบุรี มีอัตราป่วย 4.97, 4.27 และ 3.7 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ จังหวัดระยองมีอัตราป่วย 25.7, 31.28 และ 8.63 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 11.4



ภาพที่ 11.4 การเจ็บป่วยด้วยโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมย้อนหลัง 3 ปี ตั้งแต่ปี 2559 - 2561 ในพื้นที่ 3 จังหวัด EEC (กระทรวงสาธารณสุข, 2561)

สรุปปัญหาผลกระทบต่อสุขภาพที่สำคัญในพื้นที่ 3 จังหวัด EEC คือ จังหวัดฉะเชิงเทรา ปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากจากเหตุการณ์ลักลอบทิ้งกากของเสียอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำและแหล่งธรรมชาติอื่น ๆ นั้น ตัวบ่งชี้ที่ชัดเจนว่ามีการปนเปื้อน คือ ผลการตรวจสิ่งแวดล้อม เช่น ผลการตรวจวัดระดับโลหะหนักในแหล่งน้ำ จังหวัดชลบุรีพบการเจ็บป่วยที่เกิดจากมลพิษในพื้นที่ที่ชัดเจน คือ โรคซิลิโคสิสในกลุ่มผู้ประกอบอาชีพในสถานประกอบการโรงโม่หินและกลุ่มประชาชนที่พักอาศัยรอบโรงโม่หิน ส่วนจังหวัดระยองเป็นประเด็นที่มีความสลับซับซ้อนทั้งในแง่มลพิษและกลไกการเกิดโรคและผลกระทบต่อสุขภาพ อีกทั้งข้อมูลที่มีอยู่บ่งชี้ได้แค่เพียงคร่าว ๆ เช่น อัตราการเกิดโรคที่อาจเกี่ยวข้องกับมลพิษในพื้นที่ (VOCs) เช่น มะเร็งเม็ดเลือดขาวในจังหวัดระยองสูงกว่าระดับประเทศ อัตราการป่วยรูปร่างผิดปกติแต่กำเนิด การพิการจนผิดรูปแต่กำเนิดและโครโมโซมผิดปกติพบสูงสุดในอำเภอเมือง แต่อย่างไรก็ตามมีผลการวิจัยในปี 2553 ที่บ่งชี้ว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนในระยะทางห่างจากขอบรั้วนิคมอุตสาหกรรมน้อยกว่า 2 กิโลเมตรจะมีการสัมผัสสารเบนซีนระดับเล็กน้อยและระดับสูงมากกว่านักเรียนที่อาศัยอยู่ห่างจากขอบรั้วนิคมอุตสาหกรรมมากกว่า 2 กิโลเมตร ส่วนอัตราป่วยด้วยโรคจากการทำงานและมลพิษสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ EEC จากข้อมูล HDC พบว่าไม่แตกต่างจากพื้นที่อื่น

ข้อมูลหน่วยงานด้านสาธารณสุขที่ดำเนินงานด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม

หน่วยงานด้านสาธารณสุขในพื้นที่ EEC ที่ดำเนินงานด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย สำนักงานสาธารณสุขจังหวัด ปัจจุบันทั้ง 3 จังหวัด ได้แยกกลุ่มงานอนามัยสิ่งแวดล้อมและอาชีวอนามัยออกจากงานอื่น ๆ ส่วนหน่วยบริการสาธารณสุข เช่น โรงพยาบาลศูนย์ โรงพยาบาลทั่วไป มีกลุ่มงานอาชีวเวชกรรม ทำหน้าที่ให้บริการอาชีวเวชกรรมและเวชกรรมสิ่งแวดล้อมกับผู้ประกอบอาชีพและประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษสิ่งแวดล้อม สำหรับข้อมูลด้านบุคลากรที่รับผิดชอบงานด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม หรือให้บริการอาชีวเวชกรรมและเวชกรรมสิ่งแวดล้อมของหน่วยงานด้านสาธารณสุขนั้น มีรายละเอียดดังนี้

1) จำนวนบุคลากรในหน่วยงานด้านสาธารณสุข

พบว่า จำนวนบุคลากรของหน่วยงานด้านสาธารณสุขในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง) ที่ดำเนินการด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมหรือให้บริการอาชีวเวชกรรมและเวชกรรมสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย แพทย์อาชีวเวชศาสตร์ แพทย์ที่ผ่านการอบรมด้านอาชีวเวชศาสตร์ หลักสูตร 2 เดือน พยาบาลวิชาชีพ ที่ผ่านการศึกษาหรืออบรมพยาบาลอาชีวอนามัย นอกจากนี้ยังมีนักวิชาการสาธารณสุขที่จบการศึกษาทางด้านอาชีวอนามัย หรืออนามัยสิ่งแวดล้อม หรือสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง และเจ้าหน้าที่อื่น ๆ แบ่งออกเป็น

- **บุคลากรของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก** ที่ดำเนินงานด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม มีทั้งหมด 19 คน พบว่า บุคลากรที่ทำงานในกลุ่มงานอนามัยสิ่งแวดล้อมและอาชีวอนามัย ส่วนใหญ่จบการศึกษาทางด้านสาธารณสุขศาสตร์หรือสาขาอื่น ๆ มากที่สุด รวมกันทั้ง 3 จังหวัดมีจำนวน 13 คน ส่วนบุคลากรที่จบการศึกษาด้านอาชีวอนามัย ด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมหรือสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมกันทั้ง 3 จังหวัดมี 6 คน ทั้งนี้บุคลากรในกลุ่มงานอนามัยสิ่งแวดล้อมและอาชีวอนามัยที่เป็นข้าราชการมีจำนวน 2 - 5 คน โดยจังหวัดที่มีจำนวนข้าราชการที่ทำงานด้านนี้น้อยที่สุด คือ จังหวัดฉะเชิงเทรา มีจำนวนเพียง 2 คน ส่วนจังหวัดระยอง มีจำนวนข้าราชการที่อยู่ในกลุ่มงานนี้มากที่สุด คือ จำนวน 5 คน และพบว่าบางจังหวัด เช่น จังหวัดฉะเชิงเทรา มีจำนวนข้าราชการที่ทำงานด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมน้อยเกินไป อาจไม่เพียงพอต่อภาระงานในอนาคตซึ่งเป็นเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก
- **บุคลากรของโรงพยาบาลในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก** ที่ดำเนินงานด้านอาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม มีทั้งหมด 157 คน พบว่ามีแพทย์ที่จบเฉพาะทางด้านอาชีวเวชศาสตร์หลักสูตร 3 ปี ทั้งหมด 13 คน โดยทำงานอยู่ที่จังหวัดระยองมากที่สุด จำนวน 9 คน รองลงมา คือ จังหวัดชลบุรี จำนวน 4 คน ส่วนจังหวัดฉะเชิงเทราไม่มีแพทย์ที่จบเฉพาะทางด้านอาชีวเวชศาสตร์ มีเพียงแพทย์ที่ผ่านการอบรมหลักสูตร 2 เดือน จำนวน 6 คน ส่วนพยาบาลวิชาชีพ และนักวิชาการสาธารณสุขที่ทำงานด้านอาชีวอนามัยมีจำนวนทั้งหมด 79 คน และ 51 คน

2) การดำเนินงานพัฒนาระบบบริการอาชีวอนามัยและเวชกรรมสิ่งแวดล้อม

การจัดบริการอาชีวอนามัยและเวชกรรมสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาลในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC) ดำเนินงานผ่านคณะทำงานพัฒนาการจัดบริการอาชีวอนามัยและเวชกรรมสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 6 ซึ่งประกอบด้วยสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 จังหวัดชลบุรี โรงพยาบาลศูนย์ และโรงพยาบาลทั่วไปในเขตสุขภาพที่ 6 ร่วมกันดำเนินการพัฒนาระบบบริการอาชีวอนามัยและเวชกรรมสิ่งแวดล้อม โดยมีเป้าหมายเพื่อลดอัตราการประสบอันตรายและโรคจากการประกอบอาชีพและโรคจากสิ่งแวดล้อม และร้อยละของคลินิกอาชีวเวชกรรมและเวชกรรมสิ่งแวดล้อมมีคุณภาพตามที่กระทรวงกำหนด ทั้งนี้พื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC) มีหน่วยบริการสุขภาพ จำนวนทั้งสิ้น 353 แห่ง แบ่งออกเป็น โรงพยาบาลศูนย์ จำนวน 3 แห่ง โรงพยาบาลทั่วไป จำนวน 3 แห่ง โรงพยาบาลชุมชน จำนวน 26 แห่ง และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) จำนวน 321 แห่ง โดยโรงพยาบาลในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก จำนวน 32 แห่ง เข้าร่วมรับการประเมินมาตรฐาน การจัดบริการอาชีวอนามัยและเวชกรรมสิ่งแวดล้อม จำนวน 30 แห่ง และยังไม่เข้าร่วมรับการประเมิน จำนวน 2 แห่ง ผลการรับรองมาตรฐานการจัดบริการอาชีวอนามัยและเวชกรรมสิ่งแวดล้อมของโรงพยาบาลศูนย์ โรงพยาบาลทั่วไป และโรงพยาบาลชุมชน พบว่า โรงพยาบาลในพื้นที่ EEC มีผลการประเมินในระดับดีขึ้นไปจำนวน 15 แห่ง หมายถึงสามารถให้บริการและดูแลสุขภาพบุคลากรภายในหน่วยงานตนเองได้และยังสามารถให้บริการและดูแลสุขภาพผู้ประกอบอาชีพและประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษสิ่งแวดล้อมได้ด้วย ทั้งนี้โรงพยาบาลในพื้นที่ EEC

ที่ผ่านการรับรองระดับดีเด่นมีทั้งหมด 6 แห่ง เป็นโรงพยาบาลระดับจังหวัด 2 แห่ง คือ โรงพยาบาลชลบุรี และโรงพยาบาลระยอง อีก 4 แห่ง เป็นโรงพยาบาลระดับ M2 และโรงพยาบาลชุมชน ซึ่งผลการประเมินแสดงให้เห็น ถึงศักยภาพของโรงพยาบาลในการดำเนินงานด้านเวชกรรมสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดีควบคู่ไปกับการดำเนินงาน ด้านอาชีวอนามัย ดังนั้นหน่วยงานระดับเขตจะต้องพัฒนาศักยภาพให้โรงพยาบาลที่เหลือในพื้นที่ EEC สามารถดำเนินงานได้ทั้งอาชีวอนามัยและเวชกรรมสิ่งแวดล้อมได้ในระดับดีเด่น เพื่อรับมือกับแนวโน้มการพัฒนาเขตพื้นที่อุตสาหกรรมในอนาคต

สำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก มีจำนวนทั้งหมด 321 แห่ง ผ่านการรับรองมาตรฐานการจัดบริการอาชีวอนามัยและเวชกรรมสิ่งแวดล้อมโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลจำนวน 19 แห่ง ทั้งนี้มีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล จำนวน 17 แห่ง ที่มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป ซึ่งหมายถึงสามารถดูแลสุขภาพบุคลากรในหน่วยงานได้ และยังสามารถดูแลสุขภาพประชาชนจากปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมในชุมชนได้ด้วย แต่จากผลการประเมินพบว่าโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษ ภาคตะวันออก ส่วนใหญ่ยังเข้ารับการประเมินค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลที่มีทั้งหมดในพื้นที่ ดังนั้นหน่วยงานระดับเขตจะต้องพัฒนาศักยภาพให้โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลที่เหลือ ในพื้นที่ EEC ให้สามารถดำเนินงานได้ทั้งอาชีวอนามัยและเวชกรรมสิ่งแวดล้อมได้ เช่นเดียวกับโรงพยาบาลต่าง ๆ

ข้อเสนอแนะในการดำเนินงาน

จากสถานการณ์ด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมเห็นได้ว่า 3 จังหวัด EEC มีความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เหมือนกัน คือ การไหลเข้าของแรงงานจากนอกพื้นที่ ทั้งในประเทศ และจากต่างประเทศ ซึ่งอาจทำให้ระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานของพื้นที่แต่ละจังหวัดและพื้นที่ในภาพรวม ไม่สามารถรองรับได้เพียงพอ และแรงงานดังกล่าวนี้ อาจทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพชุดใหม่จากที่มีอยู่เดิมอีกด้วย อย่างไรก็ตาม แต่ละจังหวัดมีความเสี่ยงต่อสุขภาพด้านโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน กล่าวคือ จังหวัดชลบุรี มีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่นละอองที่อาจเกี่ยวข้องกับกิจการเหมืองหินหรือโรงโม่หิน จังหวัดระยอง มีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่อาจเกี่ยวข้องกับกิจการปิโตรเคมีและการขนส่ง ขณะที่จังหวัดฉะเชิงเทรา มีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการทิ้งขยะอันตราย และที่สำคัญ ความเสี่ยงทั้ง 3 ประเด็นดังกล่าวนี้ยังก่อผลกระทบต่อสุขภาพต่อประชาชน ทั้งในระยะสั้น และระยะยาว และอาจเกี่ยวข้องกับ 10 ประเภทกิจการที่จะมีการลงทุนในพื้นที่ EEC ค่อนข้างน้อย ขณะเดียวกัน เมื่อพิจารณาทรัพยากรของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดที่จะรับมือกับความเสี่ยงต่อสุขภาพที่กล่าวมานี้ พบว่าอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการของพื้นที่

ดังนั้น หากจะมีการบริหารจัดการเพื่อทำให้ประชาชนในพื้นที่ EEC มีสุขภาพดีอย่างแท้จริง ควรมี “กรอบ” การดำเนินการดังนี้

1) ในภาพรวมของการวางแผนงานของพื้นที่ EEC ควรยังคงไว้ซึ่งหลักการของ All for Health หรือ Health in all policies เพื่อทำให้การดำเนินการทุกกิจกรรมของ EEC ทีจะเกิดขึ้น มุ่งสู่การพิทักษ์สุขภาพประชาชนในพื้นที่ด้วย

2) สำหรับภารกิจด้านการแพทย์และสาธารณสุขในพื้นที่ EEC นั้น ควรมี “ระบบสุขภาพของพื้นที่ EEC” ที่มีการดำเนินการใน 3 ส่วน คือ 1) การรับมือกับปัญหาสุขภาพจากการไหลเข้าของแรงงาน 2) การลดปัญหาสุขภาพที่มีอยู่ “ก่อน” การเข้ามาของ EEC และ 3) การเตรียมการเพื่อลดปัญหาสุขภาพใหม่ที่อาจเกิดจากกิจการ 10 ประเภท

ระบบสุขภาพของพื้นที่ EEC

การออกแบบ “ระบบสุขภาพของพื้นที่ EEC” ควรคำนึงถึงหลักการ All for Health โดยเฉพาะประเด็นการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของโครงการ/กิจการ/กิจกรรม และการส่งต่อข้อมูลระหว่างหน่วยงานอนุญาต/กำกับ กับหน่วยงานสาธารณสุข เพื่อทำให้การออกแบบระบบสุขภาพ เป็นไปอย่างสอดคล้องกับสถานการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมที่เป็นอยู่และที่กำลังจะปรับเปลี่ยนไปในอนาคต ยกตัวอย่าง เช่น การอนุญาตให้ดำเนินกิจการที่อาจก่อให้เกิดฝุ่นละออง การทิ้งขยะอันตรายและปิโตรเคมี ควรต้องดำเนินการด้านการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพอย่างครบถ้วน และส่งข้อมูลให้สำนักงานสาธารณสุขจังหวัด (สสจ.) ทั้ง 3 แห่ง นำไปใช้ในการป้องกันผลกระทบสุขภาพตั้งแต่ “ก่อน”จะเริ่มดำเนินกิจการ ทั้งนี้ กรมอนามัยและกรมควบคุมโรค ได้บูรณาการงานด้านข้อมูลสุขภาพพื้นฐานร่วมกันตั้งแต่ปีงบประมาณ 2562 ทำให้ สสจ.มีเครื่องมือในการ

รวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานอนุญาต/กำกับ ทั้ง OEHP (Occupational and Environmental Profile) และ NEHIS (National Environmental Health Information System) และยังมีเวทีคณะกรรมการระดับจังหวัด 2 เวทีให้ใช้สำหรับการนำเสนอข้อมูลเพื่อวางแนวทางการบูรณาการงานร่วมกันระหว่างหน่วยงานสาธารณสุขกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในจังหวัด (คณะกรรมการสาธารณสุขจังหวัด ภายใต้ พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ.2535 และคณะกรรมการควบคุมโรคจากการประกอบอาชีพและโรคจากสิ่งแวดล้อมจังหวัด ภายใต้ พระราชบัญญัติควบคุมโรคจากการประกอบอาชีพและโรคจากสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2562)

"ระบบสุขภาพของพื้นที่ EEC" ควรมีอย่างน้อย 2 ระบบย่อย กล่าวคือ 1) ด้านการแพทย์ และ 2) ด้านการสาธารณสุข โดย "ระบบสุขภาพของพื้นที่ EEC ด้านการแพทย์" มุ่งเน้นการเพิ่มศักยภาพ และ การลงทุนทรัพยากร เพื่อรองรับความต้องการบริการทางการแพทย์สำหรับแรงงานและประชาชนที่จะไหลเข้ามาในพื้นที่ เช่น การเพิ่มหน่วยบริการ การเพิ่มแพทย์และบุคลากรด้านต่างๆ เป็นต้น ขณะที่ "ระบบสุขภาพของพื้นที่ EEC ด้านการสาธารณสุข" ควรมีการออกแบบให้รองรับ 1) ปัญหาสุขภาพที่มีในปัจจุบันที่จะยังส่งผลในอนาคตอันใกล้ และ 2) ปัญหาสุขภาพที่อาจเกิดจากกิจการใหม่ 10 ประเภท องค์ประกอบสำคัญของ "ระบบสุขภาพของพื้นที่ EEC ด้านการสาธารณสุข" คือ ระบบเฝ้าระวังสุขภาพ เพื่อทำการตรวจจับปัญหาสุขภาพแต่เนิ่นๆ และมีการควบคุมป้องกัน เพื่อลดการเจ็บป่วยหรือการเสียชีวิต ซึ่งกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ได้ดำเนินการสร้างระบบ "EEC Public Health Watch" ขึ้นตั้งแต่ปีงบประมาณ 2562 จนถึงปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม จากสถานการณ์ในรายงานฉบับนี้ ระบบดังกล่าว ยังจะต้องมีการพัฒนาเพิ่มเติมในประเด็นสำคัญ คือ

1) "เหลา"ประเด็นความเสี่ยงต่อสุขภาพด้านโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม "ที่มีอยู่" ของ 3 จังหวัด ให้ชัดเจนมากขึ้น เช่น ทำแผนที่ความเสี่ยงของจังหวัดชลบุรีให้ชัดเจน ว่ากิจการเหมืองหินและโรงโม่หิน มีพื้นที่เสี่ยงขนาดไหน กลุ่มประชากรเท่าใด และกำหนดโรคหรือภัยสุขภาพที่จะต้องให้หน่วยบริการเก็บและรายงานข้อมูล โดยอาจอิงกับโรคจากสิ่งแวดล้อมที่จะมีการควบคุมภายใต้กลไก พ.ร.บ.ควบคุมโรคฯ ได้ เช่น โรคซิลิโคสิสจากฝุ่นซิลิก้า

2) ใช้ระบบสารสนเทศที่มีอยู่ของกระทรวงสาธารณสุข เพื่อการรายงาน ทั้ง HDC ของสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข และ SAT (Situation Awareness Team) ของกองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค นำไปสู่การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และจัดทำ "ข้อมูลเชิงประจักษ์" ว่ามีหรือกำลังจะมีผลกระทบต่อสุขภาพเกิดขึ้น และมีการจัดทำรายงานเป็นระยะ ๆ เพื่อกระตุ้นให้หน่วยงานสาธารณสุขเอง และหน่วยงานอนุญาต/กำกับ นำไปใช้ต่อ

3) ทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพเพิ่มเติม ซึ่งควรมุ่งเป้าที่ความเสี่ยงเดิมที่ละเลยไป เช่น จังหวัดชลบุรีอาจมีปัญหาสุขภาพจากการทิ้งขยะอันตรายหรือน้ำเสียเช่นกัน แม้จะน้อยกว่ากรณีฝุ่นละออง และความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นจากกิจการ 10 ประเภท ทั้งนี้ เพื่อให้ได้ข้อมูลไปปรับระบบการเฝ้าระวังในภาพรวม ให้สามารถครอบคลุมได้ทุกประเด็นความเสี่ยงต่อสุขภาพ

อย่างไรก็ตาม การที่ระบบเฝ้าระวัง EEC Public Health Watch จะสามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน จำเป็นจะต้องมีการสนับสนุนทรัพยากรที่เหมาะสม โดยเฉพาะ

- **ด้านกำลังคน** ควรเพิ่มทั้งจำนวนและความเชียวชาญ โดยเฉพาะผู้เชี่ยวชาญด้านระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม และอาชีวเวชศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นแพทย์ พยาบาล หรือนักวิชาการสาธารณสุข
- **เครื่องมืออาชีวเวชศาสตร์และอาชีวสุขศาสตร์** เพื่อรองรับการสอบสวนเหตุสงสัยหรือโรค ที่อาจเกิดจากการทำงาน การรั่วไหลของสารเคมี และการปนเปื้อนของมลพิษต่างๆ
- **ห้องปฏิบัติการ** เพื่อรองรับการตรวจดัชนีชีวภาพของการสัมผัสสารเคมี/โลหะหนัก (biomarker of exposure) ดัชนีชีวภาพของพยาธิสภาพในร่างกาย (biomarker of effect และ tumor marker) ดัชนีชีวภาพของสารพันธุกรรมที่จะมีผลต่อการเกิดพยาธิสภาพ (genetic markers หรือ biomarker of susceptibility)

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมภาคตะวันออก พ.ศ. 2561. 2561

สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. ระบบสถิติทางการทะเบียน ธันวาคม 2562 [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [สืบค้นเมื่อวันที่ 27 มีนาคม 2563]. แหล่งข้อมูล: http://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statTDD/

สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. รายงานประชากรแฝง พ.ศ. 2553. [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [สืบค้นเมื่อวันที่ 27 มีนาคม 2563]. แหล่งข้อมูล:
http://www.nso.go.th/sites/2014/Documents/pop/2553/registered-population-2553.pdf

กรมการปกครอง. ระบบสถิติทางการทะเบียน. สถิติประชากรและบ้าน-จำนวนประชากรแยกรายอายุ 2562. [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มีนาคม 2563]. แหล่งข้อมูล: http://stat.dopa.go.th/stat/ statnew/ upstat_age.php

กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. การสำรวจภาวะการทำงานของประชากร. จำนวนประชากรจำแนกตามสถานภาพแรงงาน และเพศ เป็นรายจังหวัด พ.ศ. 2562. [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2563]. แหล่งข้อมูล: http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/02.aspx

กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. การสำรวจแรงงานนอกระบบ. จำนวนผู้มีงานทำที่อยู่ในแรงงานในระบบและนอกระบบ จำแนกตามกลุ่มอายุ เพศ เป็นรายภาค และจังหวัด พ.ศ. 2554 – 2562. [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2563]. แหล่งข้อมูล: http://statbbi.nso.go.th/ staticreport/page/sector/th/02.aspx

ศูนย์ข้อมูลแรงงานแห่งชาติ. กระทรวงแรงงาน. จำนวนผู้ประกันตนในระบบประกันสังคม. [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [สืบค้นเมื่อวันที่ 27 มีนาคม 2563]. แหล่งข้อมูล: http://nlic.mol.go.th/

สำนักบริหารแรงงานต่างด้าว กรมการจัดหางาน. สถิติจำนวนคนต่างด้าวที่ได้รับอนุญาตทำงานคงเหลือทั่วราชอาณาจักรประจำเดือน ธันวาคม 2562. [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2563]. แหล่งข้อมูล:https://www.doe.go.th/prd/assets/upload/files/alien_th/c33cea75dc3c81eb7497c3eb809327e9.pdf

สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. พระราชบัญญัติการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2522. [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2563]. แหล่งข้อมูล: http://www.krisdika.go.th/librarian/ getfile?sysid=569553&ext=htm

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. เขตประกอบการอุตสาหกรรม. [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 27 มีนาคม 2563]. แหล่งข้อมูล: https://www.diw.go.th/liz/index.html

การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. นิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 27 มีนาคม 2563]. แหล่งข้อมูล: https://www.ieat.go.th/investment/about-industrial-estates/industrial-estates-in-thailand

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ระบบเผยแพร่และบริการข้อมูลในภาคธุรกิจอุตสาหกรรม. ข้อมูลโรงงาน. แนวโน้มการจดทะเบียนโรงงาน [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [สืบค้นเมื่อวันที่ 8 ธันวาคม 2562]. แหล่งข้อมูล: http://api.diw.go.th/ public/tableauPublic.jsp?name=A1&ms=1582520387056

สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535. [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2563]. แหล่งข้อมูล: http://www.krisdika.go.th/librarian/getfile?sysid=569553&ext=htm

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ระบบเผยแพร่และบริการข้อมูลในภาคธุรกิจอุตสาหกรรม. วอ./อก.6 [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [สืบค้นเมื่อวันที่ 31 มกราคม 2563]. แหล่งข้อมูล: http://api.diw.go.th/public/tableauPublic. jsp?name=A3&ms=1582520387056

สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 จังหวัดชลบุรี. ข้อมูลหน่วยบริการสาธารณสุขในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC) (ระยอง ฉะเชิงเทรา ชลบุรี) ปีงบประมาณ 2563.

สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 จังหวัดชลบุรี. การดำเนินงานพัฒนาระบบบริการอาชีวเวชศาสตร์และเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อมในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาตะวันออก (EEC) ปีงบประมาณ 2562.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่13 (ชลบุรี). รายงานผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำกรณีร้องเรียนอ่างเก็บน้ำเขื่อน 16. 2562.

กรมควบคุมมลพิษ. รายงานสถานการมลพิษของประเทศไทยปี 2561 [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2563]. แหล่งข้อมูล: http://www.pcd.go.th/file/AW-Pollution-Report2018.pdf

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. ข้อมูลประทานบัตรเหมืองหินอุตสาหกรรม/ระบบฐานข้อมูลใบอนุญาตโรงโม่บดและย่อยหิน [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [สืบค้นเมื่อวันที่ 2 มีนาคม 2563]. แหล่งข้อมูล: http://www.dpim.go.th/qry-stones/qmine1.php

สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดชลบุรี. ข้อมูลพื้นฐานด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม 2561.

กรมควบคุมมลพิษ. สถานการณ์ปัญหามลพิษกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่าย(VOCs) 2550-2562 [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2563]. แหล่งข้อมูล: http://www.pcd.go.th/Info_Serv/pol _maptapoot_ airVocs_yMTP.cfm

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม. รายงานสรุปผลการดำเนินโครงการประเมินความเสี่ยงในการรับสัมผัสสารอินทรีย์อันตรายอุบัติใหม่ของประชาชนจากแหล่งน้ำสำหรับอุปโภค บริโภค บริเวณพื้นที่เขตควบคุมมลพิษ จังหวัดระยอง (ตุลาคม 60 - กันยายน 62).

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค13 (ชลบุรี). รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมภาคตะวันออก 2561 [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2563]. แหล่งข้อมูล: http://www.mnre.go.th/reo13/th/ information/list/22

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค13 (ชลบุรี). รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมภาคตะวันออก 2562 [อินเทอร์เน็ต]. 2563. [สืบค้นเมื่อวันที่ 23 เมษายน 2563]. แหล่งข้อมูล: http://www.mnre.go.th/ reo13/th/information/list/22

สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดฉะเชิงเทรา. ข้อมูลพื้นฐานด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมปี 2561. 2561.

สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดระยอง. ข้อมูลพื้นฐานด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม 2561. 2561.

สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 จังหวัดชลบุรี. ข้อมูลสถิติการเกิดอัคคีภัย/อุบัติภัยสารเคมีในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกปีงบประมาณ 2562. 2562

สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดฉะเชิงเทรา. รายงานผลการเฝ้าระวังสารตะกั่วในเลือดของประชาชนในพื้นที่ที่มีการลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรมในอ่างเก็บน้ำเขื่อน 16 ปี 2562. 2562.

โรงพยาบาลศูนย์ชลบุรี. ข้อมูลการเฝ้าระวังโรคซิลิโคสิส ปี 2551-2562. 2562;

สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดระยอง. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการการวิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจสุขภาพและเฝ้าระวังโรคของประชาชนในเขตควบคุมมลพิษ จังหวัดระยอง (Rayong cohort) ปี 2553-2559.

สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดระยอง. รายงาน 504 จำนวนผู้ป่วยนอกตามกลุ่มสาเหตุ (21 กลุ่มโรค) จังหวัดระยอง ปีพ.ศ. 2561. 2561.

สถาบันมะเร็งแห่งชาติ. ข้อมูลทะเบียนมะเร็ง [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2563]. แหล่งข้อมูล: http://tcb.nci.go.th/CWEB/cwebBase.do?mode=initialApplication

สถาบันมะเร็งแห่งชาติ. Cancer in Thailand1998-2015 [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2563]. แหล่งข้อมูล: http://www.nci.go.th/th/cancer_record/cancer_rec1.html

กระทรวงสาธารณสุข. คลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพ (Health Data Center: HDC)/การเจ็บป่วยด้วยโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ปี 2559 - 2561.

บทที่ 12

กรณีศึกษา: ตะกั่ว

บทที่
12

กรณีศึกษา: ตะกั่ว

โดย รศ.ดร. ฐิติวร ชูสง

สถานการณ์

จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่าชาวประมงทำงานติดลูกตะกั่วที่บ้าน มีการนำเด็กมาเลี้ยงในบริเวณทำงานและซ่อมเรือบริเวณใกล้ ๆ ที่พักอาศัย ซึ่งอาจทำให้เด็กที่อาศัยในชุมชนนี้มีปริมาณตะกั่วในเลือดสูงกว่ามาตรฐาน คือ 10 ไมโครกรัม/เดซิลิตร และอาจส่งผลไปยังพัฒนาการการเจริญเติบโตและระดับ IQ ในเด็ก การประกอบอาชีพประมงของพ่อแม่ ส่งผลให้เด็กหรือผู้ที่อยู่อาศัยที่บ้านมีโอกาสได้รับสารเคมีหรือสารพิษโดยไม่ได้ตั้งใจ (Para-Occupational) เนื่องจากในการประกอบอาชีพประมงจำเป็นต้องมีการซ่อมเรือโดยใช้เสน (ตะกั่วออกไซด์) คลุกกับด้ายดิบแล้วนำไปซ่อมเรือยาแนวด้วยกาว epoxy และทาสีทับอีกครั้งรอบๆ ตัวเรือ เมื่อชาวประมงว่างจากการออกเรือก็จะมาเตรียมและซ่อมแหอวนโดยการติดลูกตะกั่ว จากการศึกษาของจำนงค์ ธนะภพ, 2553 พบว่าตะกั่วออกไซต์อาจเข้าสู่ร่างกายผ่านทาง เดินหายใจส่วนต้นเกิดการกลืนกินและดูดซึมผ่านในกระเพาะอาหาร (จำนงค์ ธนะภพ, 2553) และนอกจากนี้ วาทิณี ดรบุญล้น และคณะ 2557 พบว่าการทำงานติดลูกตะกั่วที่แหอวนส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 9.5 มีปริมาณตะกั่วในเลือดมากกว่า 40 ไมโครกรัม/เดซิลิตร (วาทิณี และคณะ, 2557) นอกจากนี้ ผลการสำรวจการเจริญเติบโตและพัฒนาการของเด็ก 0-5 ปี ด้วยคู่มือเฝ้าระวังและส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัย (DSPM) ที่เกาะบุโหลนดอน จำนวน 30 คน โดยนักศึกษาแพทย์ชั้นปีที่ 5 คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เมื่อวันที่ 12-13 ตุลาคม 2560 พบว่า มีพัฒนาการล่าช้า 21 คน คิดเป็นร้อยละ 70 การทำงานประมงของแม่ที่ใช้เวลาในการออกเรือนานในลักษณะแบบงานกะส่งผลกระทบต่อครอบครัวในด้านเวลา เนื่องจากทำให้แม่มีเวลาน้อยมากในการอบรมและดูแลบุตรส่งผลกระทบต่อสัมพันธภาพของสมาชิกในครอบครัว การทำกิจกรรมร่วมกันน้อยไม่สามารถทำหน้าที่ในครอบครัวได้สมบูรณ์ นอกจากนี้จากการศึกษาของ Farooqui และคณะ (2017) โดยทำการทดสอบ mini-mental status exam (MMSE) ในผู้ใหญ่ที่ได้รับสัมผัสตะกั่วในระยะเวลานาน พบว่ามีความสัมพันธ์กับระดับ cognitive function โดยลดลง -0.016 หน่วยต่อปีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระยะเวลา 15 ปี ซึ่งหากลดลงโดยเฉลี่ย 1.8-4.2 จุดต่อปีมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรค Alzheimer’s Disease (Farooquia, Z. และคณะ, 2017)

จากการประเมินระดับตะกั่วและปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมรอบตัวเด็กปฐมวัย บ้านเกาะบุโหลนดอน ระหว่างเดือนมกราคม 2561 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ 2562 โดยการเก็บตัวอย่างดิน และ พื้นผิวสัมผัส เช่น เล็บ มือ และ พื้นบ้าน พบว่าในเด็กปฐมวัยที่มีอายุน้อยกว่า 3 ปี มีระดับตะกั่วในเลือด 6.04 ± 4.29 ไมโครกรัม/เดซิลิตร ซึ่งสูงกว่าค่าแนะนำ และจากการประเมินตะกั่วในบริเวณเล็บ และมือของผู้ปกครอง ซึ่งประกอบอาชีพประมง พบว่ามีค่าสูงสุด คือ 381.5 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง

สถานการณ์การได้รับสัมผัสตะกั่วในเด็กและผลกระทบ

จากการศึกษาในประเทศแซมเบียโดย Bose-O'Reilly, S. และคณะ (2017) พบว่า เด็กได้รับสัมผัสตะกั่วจากการกินและหายใจเอาฝุ่นตะกั่วเข้าไป โดยตรวจพบระดับตะกั่วในเลือดเฉลี่ย 10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งมากกว่า 50% มีค่าสูงกว่า 45 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร โดยจะเริ่มติดตามเมื่อมีระดับตะกั่วในเลือดอย่างน้อย 20 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และเริ่มมาตรการ intervention ทางการแพทย์เมื่อมีระดับตะกั่วในเลือดมากกว่า 45 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ในขณะที่การได้รับสัมผัสตะกั่วในปริมาณน้อย (โดยไม่มีระดับ threshold) มีความสัมพันธ์ต่อการพัฒนาระบบประสาทในเด็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณตะกั่วในเลือดจะแตกต่างกันไปตามอายุของเด็ก พบในปริมาณน้อยที่สุดในเด็กอายุ 2 ขวบ (GM = 1.11 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร) และพบมากที่สุดในเด็กอายุระหว่าง 2-3 ปี (GM = 1.98 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร) โดยอายุของบ้านมีผลต่อปริมาณตะกั่วในเลือดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะบ้านที่สร้างมาก่อนปี ค.ศ. 1945 นอกจากนี้พบว่าดินรอบ ๆ บ้าน (GM = 74.7 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร) ฝุ่นในครัว (GM = 1.34 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร) และตะกั่วในสีทาบ้าน (GM = 1.98 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร) มีความสัมพันธ์กับปริมาณตะกั่วเลือดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Safruk,A.M. และคณะ, 2017) จากการศึกษาของ Lanphear และคณะ (2005) พบว่าระดับตะกั่วในเลือดมีผลต่อระดับ IQ ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะเด็กที่มีระดับตะกั่วในเลือดน้อยกว่า 7.5 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร โดยพฤติกรรมของเด็กจะส่งผลต่อการได้รับสัมผัสตะกั่วมากกว่าผู้ใหญ่ เช่น การใช้มือหยิบของเข้าปาก จึงเป็นผลให้ได้รับสัมผัสตะกั่วจากฝุ่นบนพื้นบ้าน ดิน และสีที่หลุดร่อน (Health Canada, 2013) ดังนั้นสำหรับเด็ก สมองและระบบประสาทตอบสนองและมีความไวจากการได้รับสัมผัสตะกั่ว โดยเด็กที่มีอายุตั้งแต่ 0 - 3 ปีจัดเป็นกลุ่มเปราะบางต่อการได้รับสัมผัสตะกั่วมากที่สุด เด็กสามารถได้รับสัมผัสตะกั่วจากการกิน เนื่องจากเนื้อเยื่อมีปริมาณแคลเซียมน้อยกว่าผู้ใหญ่ จึงมีผลต่อการพัฒนาเซลล์ประสาท และปลอกประสาทของเด็ก ปัญหาพัฒนาการทางระบบสมองที่เกิดจากพิษตะกั่วจึงประกอบด้วย ระดับคะแนน IQ ต่ำ ปัญหาพฤติกรรม สมาธิสั้น seizures and impaired coordination โดยเด็กที่มีระดับตะกั่วในเลือดอยู่ที่ 2.5 - 10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร จะมีระดับ IQ ลดต่ำลงอย่างน้อย 3.9 จุด และหากมีภาวะพิษตะกั่วเรื้อรังก็จะมีระดับ IQ ต่ำลง จึงเป็นที่มาของการประกาศให้ไม่มีค่าความปลอดภัยสำหรับตะกั่วในเด็กโดย CDC ในปี ค.ศ. 2012 (Rosen, M.B. และคณะ, 2017)

ตะกั่วและแหล่งการได้รับสัมผัส (อดุลย์ บัณฑุกูล. 2554)

ตะกั่วเป็นโลหะหนัก เป็นสารที่มีมากที่สุดตัวหนึ่งในเปลือกโลก มีน้ำหนักมาก สีเทา และแข็งนุ่ม ตะกั่วอนินทรีย์ (inorganic lead) ประกอบด้วย อ๊อกไซด์ของตะกั่ว สารประกอบเมทัลลิกของตะกั่ว และเกลือของตะกั่ว (รวมทั้งเกลืออินทรีย์ เช่น lead soaps) การได้รับสารตะกั่วหรือสารประกอบของตะกั่วเข้าสู่ร่างกายอาจก่อให้เกิดอาการเป็นพิษตามระบบต่าง ๆ ของร่างกาย

ประเภทของสารตะกั่ว มี 2 ประเภท

1) สารประกอบอินทรีย์ของตะกั่ว เช่น โลหะตะกั่ว ตะกั่วซัลเฟต และออกไซด์ของตะกั่ว ซึ่งใช้มากในโรงงานทำแบตเตอรี่ ทำสี lead chromate ใช้ทำสีทาบ้าน เป็นต้น

2) สารประกอบอนินทรีย์ของตะกั่ว เช่น ตะกั่วเตตระเอธิล และตะกั่วเตตระเมธิล ใช้เป็นสารกันน็อคในน้ำมันเบนซิน ทำให้เครื่องยนต์เดินเรียบ (antiknock compound)

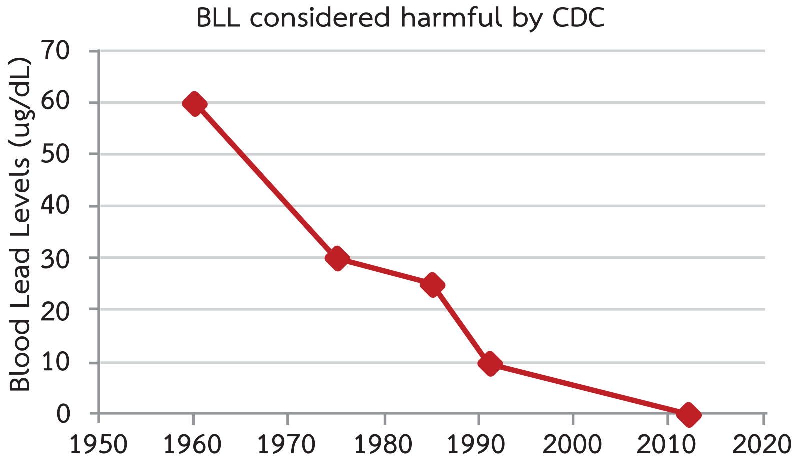
โรคพิษตะกั่ว หมายถึง โรคที่เกิดจากการได้รับสารตะกั่วหรือสารประกอบของตะกั่วเข้าสู่ร่างกายจนก่อให้เกิดอาการเป็นพิษขึ้น นอกจากนี้ยังพบโรคที่พบได้บ่อยในประเทศไทย มีการรายงานโรคพิษตะกั่วในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2495 ในช่างฟิตเครื่องยนต์ หลังจากนั้นก็รายงานเรื่อยมา ในช่างซ่อมแบตเตอรี่ คนงานหลอมตะกั่ว หล่อตัวพิมพ์ ทำลูกปืน สำหรับประชาชนทั่วไปมีโอกาสสัมผัสตะกั่วได้จาก มลพิษทางอากาศ มลพิษทางน้ำ การบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนสารตะกั่ว ได้แก่ สัตว์น้ำที่ได้จากแหล่งน้ำที่มีปริมาณสารตะกั่วสูง อาหารปรุงแต่งต่าง ๆ เช่น ไข่เยี่ยวม้า เป็นต้น

มาตรฐานตะกั่วในเลือดของผู้ใหญ่

Biological Exposure Indices (BEIs) ของ ACGIH เท่ากับ 30 ไมโครกรัม/เดซิลิตร

มาตรฐานตะกั่วในเลือดของเด็ก

Biological Exposure Indices (BEIs) ของ ACGIH เท่ากับ 10 ไมโครกรัม/เดซิลิตร



ภาพที่ 12.1 ค่าอ้างอิงระดับตะกั่วในเลือดโดย CDC (Rosen, M.B. และคณะ, 2017)

ค่ามาตรฐานระดับตะกั่วในการทำงาน (NIOSH, 2016)

ตะกั่วอนินทรีย์ TLV และ PEL เท่ากับ 0.05 มก./ลบ.ม.

กลไกการเกิดพิษ

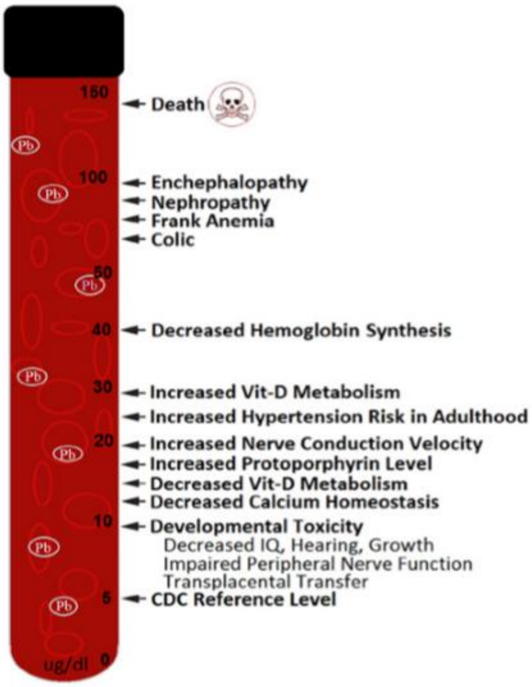
ตะกั่วอนินทรีย์ (inorganic lead) เข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ 2 ทาง ได้แก่ การหายใจเอาฟูม ไอ หรือ ฝุ่น ควันของตะกั่วเข้าไป โดยพบมากที่สุดในผู้ประกอบอาชีพสัมผัสตะกั่ว เช่น คนงานที่ทำงานในโรงงานหลอมตะกั่ว โรงงานแบตเตอรี่ และโรงงานผสมสี ส่วนการเข้าสู่ทางปาก มาจากการรับประทานอาหาร การสูบบุหรี่ หรือจากการเจือปนมาจากมากับภาชนะอาหารน้ำดื่ม และเป็นช่องทางสำคัญที่ตะกั่วเข้าสู่ร่างกายเด็ก จากการเก็บของที่ตกกิน เช่น สะเก็ดสี หรือจากของเล่นที่มีตะกั่วผสม

ตะกั่วอินทรีย์ (organic lead) เข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง ได้แก่ ทางการหายใจ เช่น ในคนงานที่ทำความสะอาดและซ่อมแซมถังเก็บน้ำมันเจือสารตะกั่ว จะหายใจเอาไอระเหยของ tetraethyl lead เข้าสู่ปอดทางผิวหนัง tetraethyl lead ผสมในน้ำมันเบนซิน หรือในคนที่ใช้น้ำมันล้างมือ เนื่องจาก tetraethyl lead สามารถละลายในไขมันได้ เมื่อซึมผ่านผิวหนังแล้ว จะเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดในร่างกาย สำหรับทางปากเกิดจากการดูดถ่ายน้ำมันโดยใช้ปากดูดสายยาง

สารตะกั่วถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายทางระบบหายใจและระบบทางเดินอาหาร โดยมีสัดส่วนการดูดซึมเข้าสู่ร่างกายประมาณร้อยละ 40 และร้อยละ 10 ตามลำดับ การดูดซึมตะกั่วผ่านทางเดินอาหารจะมีสัดส่วนสูงขึ้นในผู้มีภาวะขาดธาตุเหล็กและแคลเซียมในร่างกาย และในกลุ่มผู้ใหญ่มีสัดส่วนการดูดซึมสูงกว่าในกลุ่มเด็กและทารก ตะกั่วอินทรีย์ในรูป tetraethyl และ tetramethyl lead ยังถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายผ่านทางผิวหนังได้อีกด้วย เมื่อถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดระยะแรกจะอยู่ในสภาวะตะกั่วไตรฟอสเฟต ซึ่งจะกระจายไปอยู่ที่เส้นผมและเนื้อเยื่ออ่อนต่าง ๆ เช่น สมอง ปอด ตับ ม้าม และไขกระดูก เป็นต้น จากนั้นบางส่วนจะส่งผ่านไปสะสมที่กระดูก ประมาณร้อยละ 30 ของตะกั่วในร่างกายจะเก็บไว้ที่เนื้อเยื่ออ่อน และอีกร้อยละ 70 จะอยู่ที่กระดูก การที่จะเกิดพิษตะกั่วหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณตะกั่วที่มีอยู่ในเนื้อเยื่ออ่อนว่ามีมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้สภาวะที่ร่างกายมีภาวะเครียดเกิดขึ้น เช่น มีไข้ หรือมีภาวะความเป็นกรด ด่างผิดปกติ ตะกั่วจะออกจาก

กระดูกไปยังเนื้อเยื่ออ่อนดังกล่าวมากขึ้น จึงทำให้ผู้ป่วยเดิมซึ่งไม่มีอาการ เกิดเป็นพิษอย่างกะทันหันได้ และทำให้เกิดผลกระทบต่างๆ ในเนื้อเยื่อเหล่านี้ นอกจากนี้สารตะกั่วยังอาจซึมผ่านจากกระแสเลือดของหญิงตั้งครรภ์ ผ่านรกเข้าสู่ร่างกายทารกในครรภ์ได้อีกด้วย

ตะกั่วทำให้เกิดผลกระทบต่าง ๆ ในเนื้อเยื่อ โดยการรบกวนการทำงานของเอนไซม์ต่างๆในเซลล์รวมทั้งเอนไซม์ในระบบการสังเคราะห์ฮีโมโกลบิน สารตะกั่วที่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ที่กระดูก ตะกั่วถูกขับออกจากร่างกายทางไตเป็นหลัก ค่าครึ่งชีวิต (half-life) ในเลือดและในกระดูกยาวประมาณ 60 วัน และ 5 - 10 ปี ตามลำดับ ตะกั่วจะถูกปล่อยออกจากกระดูกและทำให้ความเข้มข้นของตะกั่ว ในเลือดสูงขึ้น ในกรณีที่ร่างกายมีการสลายกระดูกในอัตราที่สูงขึ้น เช่น ในผู้สูงอายุ ภาวะกระดูกพรุน กระดูกหัก การตั้งครรภ์ และภาวะต่อมพาราไทรอยด์ทำงานเกิน เป็นต้น



ภาพที่ 12.2 ปริมาณตะกั่วในเลือกและผลกระทบต่อสุขภาพ (Rosen, M.B. และคณะ, 2017)

อาการและอาการแสดง

1) อาการและอาการแสดงจากการสัมผัสตะกั่วอนินทรีย์

อาการและอาการแสดงจากการสัมผัสตะกั่วอนินทรีย์แบบเฉียบพลัน เกิดจากการสัมผัสสารตะกั่วทางการหายใจหรือการกินในระดับความเข้มข้นสูงในระยะสั้น อาการที่พบบ่อย ได้แก่ ภาวะปวดมวนท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ท้องผูก ปวดศีรษะ และในรายที่อาการปวดท้องรุนแรงอาจมีลักษณะทางคลินิกคล้ายภาวะปวดท้องรุนแรงเฉียบพลัน (Acute abdomen) และอาจจะวินิจฉัยผิดพลาด เนื่องจากมีอาการคล้ายกับภาวะปวดท้องเฉียบพลันอื่นๆ เช่น ภาวะไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลัน นอกจากนี้อาการรุนแรงอาจแสดงออกทางระบบอื่นๆ เช่น ระบบประสาทอาจเกิดภาวะซึม สับสน ชัก และหมดสติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยเด็ก จะพบภาวะ Acute lead encephalopathy ในเด็กมากกว่าในผู้ใหญ่ โดยมากระดับตะกั่วในเลือดจะสูงขึ้นมากกว่า 100 ไมโครกรัม/เดซิลิตร เท่านั้น และในระบบทางเดินปัสสาวะอาจเกิดภาวะไตวายเฉียบพลันได้

อาการและอาการแสดงจากการสัมผัสตะกั่วอนินทรีย์แบบคอยเป็นค่อยไปหรือแบบเรื้อรัง เกิดจากการสัมผัสตะกั่วในระยะเวลาค่อนข้างนาน ผู้ป่วยเหล่านี้มักมีอาการหลากหลายและมีลักษณะที่ไม่จำเพาะกับภาวะพิษจากสารตะกั่ว เช่น อ่อนเพลีย ซึมเศร้า หงุดหงิดง่าย มีอาการไม่สบายท้อง โลหิตจาง ต่อมาผู้ป่วยอาจมีอาการปวดตามข้อและกล้ามเนื้อ และตามมาด้วยอาการทางระบบประสาท ได้แก่ การนอนไม่หลับ ขาดสมาธิ ความจำเสื่อม ในระยะยาวผู้ป่วยอาจมีภาวะเส้นประสาทส่วนปลายเสื่อมทำให้เกิดอาการแขนและขาอ่อนแรง นอกจากนี้ผู้ป่วยกลุ่มนี้อาจพบปัญหามีบุตรยากจากความผิดปกติของการสร้างตัวอสุจิร่วมด้วย โดยรายละเอียดของอาการและอาการแสดงในระบบต่าง ๆ มีดังนี้

ระบบประสาทส่วนกลางและเส้นประสาทสมอง

อาการทางสมองอาจเริ่มด้วยอาการซึม คิดช้า ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ การทรงตัวไม่ดี เซง่าย หงุดหงิดและถ้ารุนแรงขึ้นอาจมีอาการสั่นเวลาเคลื่อนไหว ซึมหลับ ชักและหมดสติ ส่วนอาการทางเส้นประสาทสมอง ได้แก่ ประสาทตาฝ่อ และความผิดปกติในการทำงานของกล่องเสียง โดยอาการทางสมองจะเห็นได้ชัดในเด็ก

ระบบประสาทส่วนปลายและกล้ามเนื้อ

มีอาการปวดตามกล้ามเนื้อและข้อต่างๆ มีอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้บ่อย เช่น กล้ามเนื้อที่ใช้เหยียดข้อมืออ่อนแรง ทำให้ข้อมือตก (wrist drop) อาจเป็นข้างเดียวหรือสองข้างก็ได้ ส่วนอาการของระบบประสาทส่วนปลายอักเสบ (peripheral neuritis) จะปรากฏออกมาในรูปของอาการชา

ระบบทางเดินอาหาร

ผู้ป่วยอาจมีอาการเบื่ออาหาร อาเจียน ปวดท้องแบบ colic ในบางครั้งมีอาการคล้ายโรคไส้ติ่งอักเสบเฉียบพลัน อาจมีอาการท้องผูกหรือท้องเดินก็ได้ ผู้ป่วยจะมีน้ำหนักลดลง

ระบบโลหิต

มักมีอาการซีด ซึ่งโดยทั่วไปจะมีลักษณะซีดแบบโรคซีดจากการขาดเหล็ก แต่ในบางครั้งก็มีอาการของเม็ดเลือดแดงแตกตัวเฉียบพลันได้ (acute hemolysis) ในการดู blood smear อาจพบ basophilic stippling ในเม็ดเลือดแดงมีท็อคซิค แกรนูลในเม็ดเลือดขาว

ระบบทางเดินปัสสาวะ

ผู้ป่วยที่ได้รับตะกั่วเป็นเวลานาน อาจเกิดภาวะไตวายเรื้อรัง หรือเกิดภาวะกรดยูริคคั่งในร่างกายจนเกิดอาการของโรคเก๊าท์ เนื่องจากการขับยูริคออกจากไตลดลง

การเกิด lead line ซึ่งเป็นเส้นสีน้ำเงินเทาเข้มที่เหงือก ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนซัลไฟด์ของแบคทีเรียในช่องปากกับตะกั่ว อาจพบได้ถึงร้อยละ 80 ของผู้ป่วยที่ได้รับตะกั่วสะสมมาเป็นเวลานาน แต่ก็ไม่ใช่เครื่องหมายที่แสดงว่าเป็นโรคพิษตะกั่ว

2) อาการและอาการแสดงจากการสัมผัสตะกั่วอินทรีย์

ภาวะพิษตะกั่วจากสารตะกั่วอินทรีย์ มักแสดงออกทางระบบประสาทเท่านั้น เนื่องจากสารตะกั่วอินทรีย์มีคุณสมบัติละลายในไขมันได้ดีและสะสมในระบบประสาท อาการในระยะต้นได้แก่ อ่อนเพลีย ซึมเศร้า นอนไม่หลับ หงุดหงิดง่าย หากอาการมากขึ้นอาจมีปัญหาความจำและความคิดผิดปกติ ชัก ซึมลงจนหมดสติได้

การวินิจฉัย

การตรวจระดับตะกั่วในเลือด

การตรวจระดับสารตะกั่วในเลือด (Blood lead level) เป็นการตรวจที่ยืนยันที่ดีที่สุด ผลระดับตะกั่วที่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาสั้น (ในช่วง 8 สัปดาห์ที่ผ่านมา) ในคนปกติที่ไม่มีการสัมผัสสารตะกั่วจากการทำงานจะมีระดับสารตะกั่วในเลือดประมาณ 1-5 ไมโครกรัม/เดซิลิตร พบความสอดคล้องของระดับตะกั่วในเลือดกับความรุนแรงของอาการต่าง ๆ ที่ขึ้นกับลักษณะของการสัมผัสตะกั่ว โดยคนงานที่เริ่มทำงานใหม่และสัมผัสสารตะกั่วในระดับสูงอาจมีอาการในขณะที่ระดับสารตะกั่วในเลือดอยู่ประมาณ 30 - 60 ไมโครกรัม/เดซิลิตร ในขณะที่คนงานที่มีการสัมผัสตะกั่วในระยะยาวอาจมีระดับสารตะกั่วในเลือดประมาณ 80 ไมโครกรัม/เดซิลิตร โดยที่ไม่แสดงอาการใดๆ Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ได้กำหนดว่าถ้ามีระดับตะกั่วในเลือดเกิน 40 ไมโครกรัม/เดซิลิตร ถือเป็นระดับที่ต้องจัดการ (action level) จะต้องสำรวจหาความผิดปกติในที่ทำงานและเฝ้าระวังระดับตะกั่วในเลือดอย่างใกล้ชิด และถ้าระดับตะกั่วมากกว่า 60 ไมโครกรัม/เดซิลิตร จะต้องย้ายออกจากการสัมผัส การเก็บตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือดฝอยส่วนปลายนั้น

สามารถใช้ในการตรวจคัดกรองได้ แต่อาจมีการปนเปื้อนกับตะกั่วในสิ่งแวดล้อมได้มาก และถ้าพบตะกั่วในปริมาณมากจะต้องตรวจทางเส้นเลือดดำซ้ำอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้การตรวจวัดด้วยเครื่อง Atomic absorption หรือวิธีการทางเคมีอื่น ถึงแม้จะตรวจวัดโดยผู้มีความชำนาญ แต่ระดับตะกั่วที่วัดได้ยังมีการเปลี่ยนแปลงได้ร้อยละ 10 - 15 ขึ้นกับระดับที่ทำการตรวจวัด

การตรวจระดับเอนไซม์ Aminolevulinate dehydratase (ALAD) ในเลือด

การตรวจหาระดับเอนไซม์ ALAD ในเลือด ใช้ได้เช่นเดียวกับระดับตะกั่วในเลือด เนื่องจากมีผลไปในทิศทางเดียวกัน การตรวจระดับ Aminolevulinic (ALA) และ Coproporphyrin (CP) ในปัสสาวะ ระดับกรด ALA และ CP ในปัสสาวะจะชี้ให้เห็นถึงการสัมผัสตะกั่วในระยะสั้นได้ดี และจะมีปริมาณลดลงเมื่องดการสัมผัสตะกั่ว เป็นดัชนีที่พบว่าสามารถบอกการดูดซึมตะกั่วได้ดี และยังชี้บ่งถึงภาวะภูมิไวต่อการเกิดพิษในแต่ละบุคคลได้ด้วย

การตรวจระดับ Erythrocyte protoporphyrin (EP)

การตรวจระดับ EP หรืออีกชื่อหนึ่งคือ Zinc protoporphyrin (ZPP) ถ้าตรวจพบเพิ่มขึ้นจะบอกถึงการบกพร่องในการสังเคราะห์ฮีม ซึ่งอาจเนื่องจากผลของพิษตะกั่วได้ นอกจากนี้ยังอาจพบได้ในภาวะขาดธาตุเหล็ก ผู้ที่เป็นโรคโลหิตจางเซลล์รูปเคียว และโรคโลหิตจางชนิดอื่นที่อาจจะมี EP เพิ่มขึ้นในการตรวจคัดกรองได้เพียงอย่างเดียว เทคนิคที่ใช้วัด EP นี้จะใช้เครื่อง hematofluorometer วัด zinc erythrocyte protoporphyrin และใช้ Fluorometry วัด EP ที่สกัดออกมาจากเม็ดเลือดแดง

การตรวจวัดทางโลหิตวิทยา

ได้แก่การตรวจฮีโมโกลบิน การตรวจดู basophilic stripping ซึ่งเป็น toxic granules ในเม็ดเลือดขาว ที่แสดงถึงภาวะพิษที่เข้าสู่ร่างกาย พบได้ในผู้ป่วยพิษตะกั่วถึงร้อยละ 43.3 และมีจำนวนตั้งแต่ร้อยละ 25 - 80 ของเม็ดเลือดขาวทั้งหมด การผิดปกติทางโลหิตวิทยาจะช้ากว่า ALA และ CP ในปัสสาวะ แต่มีข้อดีที่บ่งบอกถึงภาวะบกพร่องของสุขภาพได้เป็นอย่างดี

การตรวจระดับตะกั่วในเนื้อเยื่อ (ฟัน ผม และเล็บ)

การวัดระดับตะกั่วในเนื้อเยื่อ ใช้เป็นตัวบ่งชี้สำหรับการได้รับตะกั่วเป็นระยะเวลานาน เป็นการง่ายในการเก็บตัวอย่างตรวจวัด โดยเฉพาะเส้นผมและเล็บ ส่วนฟันนั้นใช้ได้ดีในกรณีฟันน้ำนมของเด็ก แต่ก็อาจมีการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอกได้มาก

การวัด Total body burden เป็นสิ่งที่คาดหวังได้ในอนาคต เช่น มีหลักฐานว่าการทำ x-ray fluorescence ของกระดูกสามารถใช้ในการประมาณการ total body burden ของสารตะกั่วได้

ตะกั่วในสิ่งแวดล้อม

ASTDR (2007) ได้ประเมินสถานการณ์การปนเปื้อนตะกั่วในสิ่งแวดล้อมว่าจะมีมีอัตราสูงขึ้นจากเมื่อ 300 ปีที่ผ่านมาถึง 1000 เท่าจากการเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างรวดเร็วในปี ค.ศ. 1950 - 2000 จึงได้มีการกำหนดปริมาณตะกั่วน้ำดื่มจากเดิมอนุญาตให้มีได้ไม่เกิน 15 ไมโครกรัมต่อลิตร เป็น 0 ไมโครกรัมต่อลิตร เนื่องจากปริมาณตะกั่วในน้ำดื่มมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระดับตะกั่วในเลือด

ในบรรดาสารมลพิษต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อม โลหะหนักนับว่าเป็นสารมลพิษประเภทหนึ่งที่มีความเป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิต และโลหะหนักก็สามารถเข้าไปสะสมอยู่ในสัตว์น้ำได้และจะเพิ่มปริมาณสูงขึ้นตามห่วงโซ่อาหารและหากมีปริมาณความเข้มข้นสูงมาก ก็จะทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นตลอดจนผู้ที่นำสัตว์มาบริโภคด้วย สารพิษที่กระจายอยู่ในส่วนต่างๆของสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะเป็นดิน น้ำ หรือ อากาศ ในที่สุดสารพิษจะถูกดูดซับเข้าสู่สิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ตามลำดับขั้นของห่วงโซ่อาหารและเกิดการสะสมในระบบห่วงโซ่อาหาร ประชาชนซึ่งเป็นผู้บริโภคลำดับสุดท้ายของห่วงโซ่อาหารที่นำสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนของตะกั่วมาบริโภคอาจทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้ มีการรายงานการปนเปื้อนตะกั่วในน้ำในปลาและในหอย จากแม่น้ำ Aba ประเทศไนจีเรียที่มีระดับสูงกว่าที่อนุญาตสูงสุดที่กำหนดโดย US EPA และปลาน้ำจืด

นับพันตัวในรัฐต่างๆทั่วสหรัฐอเมริกา พบว่ามีการปนเปื้อนของสารตะกั่วและมีเพียง 1 ใน 4 ของปลาที่สำรวจพบเท่านั้นที่มีสารตะกั่วในตัวปลาในระดับที่ปลอดภัยเพียงพอที่จะบริโภคได้ตามมาตรฐานของหน่วยงานสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกาและปลาทูน่าในร้านอาหารซูชิและซูเปอร์มาร์เกตและปลาทูน่ากระป๋องมีสารตะกั่วมากกว่าปริมาณที่ US EPA และ FDA กำหนด ส่วนการปนเปื้อนของตะกั่วในสัตว์น้ำของประเทศไทย ก็ยังพบว่ามีการปนเปื้อนของตะกั่วที่สูงเกินมาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด เช่น ปลาทูน่าในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง ปลาลิ้นหมาจากสะพานปลาแหลมฉบัง ปลากะพงขาวที่จำหน่ายในตลาดล่าง จังหวัดนครปฐม และจากการศึกษาในแหล่งประมงน้ำล้น จังหวัดขอนแก่น พบว่าความเข้มข้นของตะกั่วในปลานิล ปลาตะเพียน หอยขม และหอยเชอรี่ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.02 - 0.07, 0.01 - 0.22, 0.36 - 2.38 และช่วงที่ตรวจวัดไม่ได้ ถึง 0.95 มก./กก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยความเข้มข้นของตะกั่วในสัตว์น้ำส่วนใหญ่มีค่าไม่เกินมาตรฐาน ยกเว้นหอยขม มีความเข้มข้นของตะกั่วเกินมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข (1 มก./กก.) ร้อยละ 30.00 และเกินมาตรฐานของออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ (2 มก./กก.) ร้อยละ 10.00 (สุพรรษา และ สุนิสา, 2012)

การเก็บตัวอย่างตะกั่วในน้ำ ดิน พื้นผิวสัมผัสและเลือด

1) วิธีการเก็บตัวอย่างตะกั่วในน้ำ

ตักน้ำจากบ่อด้วยถังอลูมิเนียมแล้วรินใส่ขวดแก้วสีน้ำตาลขนาด 5 ลิตร นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทันทีหลังจากเก็บตัวอย่างเสร็จ โดยวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ในแต่ละจุดที่เก็บตัวอย่าง

2) วิธีการเก็บตัวอย่างตะกั่วในดิน

เก็บตัวอย่างดินที่ระดับผิวดิน (0 - 15 ซม.) ด้วย Auger สแตนเลส โดยในแต่ละจุดจะประกอบด้วย 3 ตัวอย่างย่อยที่อยู่รอบจุดเก็บตัวอย่างนั้นในพื้นที่ 1 ตร.ม. ผสมตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วตักใส่ขวดแก้วสีน้ำตาลและปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยด์

3) วิธีการเก็บตัวอย่างตะกั่วในบริเวณพื้นบ้าน

โดยวิธี Wipe sampling Technique ตาม NIOSH Method 9100

การวิเคราะห์ตัวอย่างตะกั่วในน้ำ ดิน และบริเวณพื้นบ้าน โดยใช้เทคนิค ATOMIC ABSORPTION SPECTRO-PHOTOMETER และ INDUCTIVELY COUPLED ARGON PLASMA, ATOMIC EMISSION SPECTROSCOPY (ICP-AES)

4) วิธีการเก็บตัวอย่างเลือด

เจาะเลือด 5 มิลลิลิตร บรรจุในหลอดขนาด 10-mL lead-free tubes เก็บรักษาตัวอย่างเลือดไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศา ส่งไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อดำเนินการวิเคราะห์ต่อไป

ปริมาณการปนเปื้อนตะกั่วในดิน น้ำดื่ม และบริเวณพื้นบ้านที่เด็ก 0 - 5 ขวบพักอาศัยอยู่

จากการตรวจปริมาณตะกั่วบริเวณเมือ เล็บ ของชาวประมง 4 คน หลังจากการเตรียมแหอวน พบว่ามีปริมาณตะกั่ว < 0.100 µg ต่อตัวอย่าง และ 381.5 µg ต่อตัวอย่าง ดังตารางที่ 12.1

ตารางที่ 12.1 ปริมาณตะกั่วมือและเล็บของชาวประมง จำนวน 5 ตัวอย่าง

กิจกรรมที่ทำ	ปริมาณตะกั่ว (µg/Sample)
คลี่อวนตะกั่ว (n=2)	< 0.10, 381.5
ทำอวน (n=1)	13.17
ซ่อมเรือ (n=2)	< 0.10, 2.49

ปริมาณที่แตกต่างกัน อาจเกิดจากการเช็ดมือบริเวณเสื้อผ้า และสมก่อนการเก็บตัวอย่าง หรือ ในขณะทำงานไม่ได้จับต้องบริเวณที่มีตะกั่วมากนัก จึงพบปริมาณตะกั่ว < 0.100 µg ต่อตัวอย่าง

ปริมาณตะกั่วมือและเล็บของเด็กอายุ 0-5 ปี (n=6) และบ้านที่อยู่อาศัยของเด็ก (n=11) ซึ่งไม่พบว่ามีปริมาณตะกั่วที่มือและเล็บของเด็ก และบ้านที่อยู่อาศัยของเด็ก ดังตารางที่ 12.2

ตารางที่ 12.2 ปริมาณตะกั่วมือและเล็บของเด็กอายุ 0-5 ปี (n=6) และบ้านที่อยู่อาศัยของเด็ก (n=11)

พื้นที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณตะกั่ว (µg/Sample)
พื้นผิวมือและเท้าเด็กเล็ก (n=6)	< 0.01
พื้นบ้านหรือพื้นที่ทำกิจกรรมต่าง ๆ (n=11)	< 0.01

ปริมาณการปนเปื้อนตะกั่วในดินบริเวณบ้าน โรงเรียน และพื้นที่ทำงาน จากการเก็บตัวอย่างดินจำนวน 13 ตัวอย่าง พบว่า ดินที่เก็บได้ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย คิดเป็นร้อยละ 53.85 โดยมีการปนเปื้อนของตะกั่วในดินน้อยกว่ามาตรฐานการนำดินไปใช้ประโยชน์ คือ ต้องมีค่าไม่เกิน 300 mg/kg ดังตารางที่ 12.3

ตารางที่ 12.3 ปริมาณการปนเปื้อนตะกั่วในดินบริเวณบ้าน โรงเรียน และพื้นที่ทำงาน

ลักษณะของดิน	ปริมาณตะกั่ว (mg/kg)
ดินทราย (n=2)	7.82, 11.80
ดินร่วนปนทราย (n=7)	7.30 ± 7.27 (0.61-19.10)
ดินร่วน (n=1)	10.2
ดินลูกรัง (n=1)	20.30
ดินร่วนข้างล่างเป็นชั้นหิน (n=1)	40.30
ดินร่วนปนหิน (n=1)	24.20
ดินเปรียบเทียบ (บุโหลนเล) (n=4)	6.74 ± 3.29 (4.42 – 11.6)

ระดับตะกั่วในเลือดของเด็ก 0 - 5 ขวบ

จากเด็ก 19 คน พบว่ามีระดับตะกั่วสูงกว่าค่าแนะนำจาก CDC, 2012 (คือ มีค่าไม่เกิน 5 µg/dl) จำนวน 17 คน จาก 19 คน โดยมีค่าเฉลี่ย 6.04 ± 4.29 µg/dl ในช่วงอายุ 1 - 3 ขวบ และ ช่วงอายุ 3 - 5 ขวบ มีค่าเฉลี่ย 5.69 ± 1.49 µg/dl ดังตารางที่ 12.4

ตารางที่ 12.4 ระดับตะกั่วในเลือด (µg/dl) ของเด็ก 0 - 5 ขวบ

อายุ	n	%	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
1-3 ขวบ	8	42.11	6.04	4.29	0	14.2
3-5 ขวบ	9	47.37	5.69	1.49	3	7.4
> 5 ขวบ	1	5.26	0.00		0	0
ไม่ทราบอายุ	1	5.26	0.00		0	0

คุณภาพของน้ำเพื่ออุปโภค และบริโภคทางจุลชีววิทยา ณ ชุมชนเกาะบุโหลน

จากการตรวจคุณภาพน้ำใช้ ณ ชุมชนเกาะบุโหลนดอน และน้ำดื่มครั้งที่ 1 จำนวน 4 ตัวอย่าง พบว่า ไม่มีการปนเปื้อนของสารเคมี เช่น แคดเมียม ตะกั่ว แต่มีการปนเปื้อนของอุจจาระในตัวอย่างน้ำดังกล่าว ดังตารางที่ 12.5

ตารางที่ 12.5 คุณภาพของน้ำบริเวณเกาะบุโหลนดอนและบุโหลนเล ครั้งที่ 1

ชนิดน้ำ	พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์							
	ปรอท	Coliform bacteria	Fecal bacteria	สี	ความขุ่น	แคดเมียม	ตะกั่ว	ความเป็นกรด - ด่าง
น้ำอุปโภค (บุโหลนดอน) (n = 2)	<0.10	13.0, 1600	13.0, 920	2.0, 4.1	<1.0, 1.0	<0.004	ไม่พบ	7.6, 8.0
น้ำบริโภค (บุโหลนดอน) (n = 2)	<0.12	920, 130	22.0, 170	0.8, 1.9	<1.0, 1.0	<0.004	ไม่พบ	5.7, 7.6
น้ำอุปโภค (บุโหลนเล) (n = 2)	< 0.10, <0.12	9,200, 3,500	92,000, 140	23.7, 4.3	9.0, 1.0	<0.002	ไม่พบ, <0.016	7.0, 6.9
น้ำบริโภค (บุโหลนเล) (n = 2)	0.23, <0.11	49, 22	50, 4	0.3, 2,4	<1.0, 1.0	<0.002	ไม่พบ	7.4, 6.9

แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการเปรียบเทียบกับเกาะบุโหลนเล พบว่า มีการปนเปื้อนตะกั่วในน้ำ และมีการปนเปื้อนอุจจาระในน้ำอุปโภคมากกว่าน้ำตัวอย่างที่ทำการสุ่มเก็บจากเกาะบุโหลนดอน จากการสำรวจเบื้องต้น พบว่า แหล่งน้ำใช้ในบุโหลนเล เป็นบ่อรวมที่ชาวบ้านนิยมมา อาบน้ำ ซักผ้า และทำกิจกรรมต่าง ๆ บริเวณขอบบ่อ รวมทั้ง ขอบบ่อมีการแตกร้าวของปูนซิเมินต์รอบๆ จึงดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำซ้ำ

จากการตรวจคุณภาพครั้งที่ 2 ณ ชุมชนเกาะบุโหลนดอน โดยเก็บตัวอย่างน้ำอุปโภคจำนวน 2 ตัวอย่าง และน้ำบริโภคจำนวน 2 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกับชุมชนเกาะบุโหลนเล จำนวน 2 ตัวอย่าง โดยไม่มีการวิเคราะห์การปนเปื้อนของปรอทและแคดเมียมในครั้งนี้ พบว่า ไม่มีการปนเปื้อนของตะกั่ว แต่มีการปนเปื้อนของอุจจาระในตัวอย่างน้ำดังกล่าว ดังตารางที่ 12.6

ตารางที่ 12.6 คุณภาพของน้ำบริเวณเกาะบุโหลนดอนและบุโหลนเล ครั้งที่ 2

ชนิดน้ำ	พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์							
	ปรอท	Coliform bacteria	Fecal bacteria	สี	ความขุ่น	แคดเมียม	ตะกั่ว	ความเป็นกรด - ด่าง
น้ำอุปโภค (บุโหลนดอน) (n = 2)	-	13.0, 1600	34.0, 4.5	0.9, 12.3	<1.0, 5.0	-	ไม่พบ	7.6, 7.2
น้ำบริโภค (บุโหลนดอน) (n = 2)	-	350, 4.5	7.8, <1.8	9.5, <0.2	7.0, <1.0	-	ไม่พบ	6.2, 8.0
น้ำอุปโภค (บุโหลนเล) (n = 2)	-	130, $9.2*10^6$	79, $5.4*10^6$	1.1, 9.6	<1.0, 4.0	-	ไม่พบ	7.6, 5.9
น้ำบริโภค (บุโหลนเล) (n = 2)	-	11, 11	6.8, 6.8	2.9, <2.0	<2.0, <1.0	-	ไม่พบ	7.1, 7.2

เอกสารอ้างอิง

จำนงค์ ธนะภพ. (2553) การปนเปื้อนสารตะกั่วในกลุ่มคนประกอบอาชีพมาดอวน ตำบลปากพูน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช. ว.ความปลอดภัยและสุขภาพ,(3), 6–17.

วาทิณี ดรบุญล้น, ชลธิชา พุทธสอน, วิธินา ชาวปทุม, ศิริปรางก์ ปะกิระนา, ประทุมวรรณ์ กิตติอภิบูลย์, รัศมี ออมสิน. (2557) ระดับตะกั่วในเลือดจากการทำงานสัมผัสสารตะกั่วและผลกระทบต่อสารพันธุกรรม,(23), 354–61.

สุพรรษา เกียรติสยมภู, สุนิสา ชายเกลี้ยง. (2012) การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนสารตะกั่วบริเวณแหล่งประมงหนองน้ำล้น. KKU Res J,(4), 671–86.

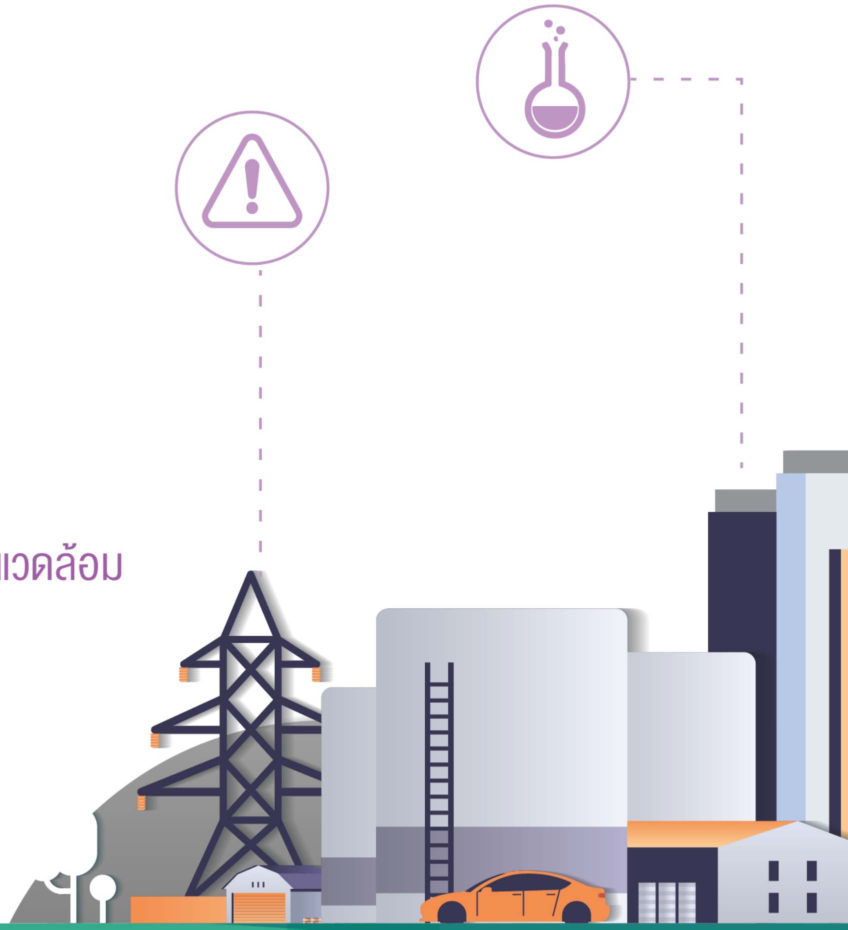
อดุลย์ บัณฑุกูล. ตำราอาชีวเวชศาสตร์. ปี 2554. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ราชทัณฑ์.

Bose-O’Reilly, S. Yabe, J., Makumba, J., Schutzmeier, P., Ericson, B., Caravanos, J. (2017) Lead intoxicated children in Kabwe, Zambia. Environmental Research, 165, 420-424

Health Canada. Final Human Health State of the Science Report on Lead. Health Canada, Ottawa, Canada {Internet]. 2013 [cited 2018 Jan 20]. Available from:http://www.hc-sc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/dhhssri-rpecscepsh/index-eng.php

Farooquia, Z., Bakulskib, K.M., Powerc, M.C., Marc, G. Weisskopfd, M.G., Sparrowf, D., Spiro 3rd A., Vokonasf P.A., Niej, L.H., Hua, H., Sung, Park, K.S. (2017) Associations of cumulative Pb exposure and longitudinal changes in Mini-Mental Status Exam scores, global cognition and domains of cognition: The VA Normative Aging Study. Environmental Research 152; 102–108.

Rosen, M.B., Pokhrel, L.R., Weir, M.H. (2017) A discussion about public health, lead and Legionella pneumophila in drinking water supplies in the United States. Science of the Total Environment, (590-591), 843 – 852.

Safruk,A.M., McGregor, E., Whitfield Aslund, M.L., Cheung, P.H., Pinsent, C., Jackson, B.J., Hair, A.T., Lee, M., Sigal, E.A. (2017) The influence of lead content in drinking water, household dust, soil, and paint on blood lead levels of children in Flin Flon, Manitoba and Creighton, Saskatchewan. Science of the Total Environmental, (593-594), 202-210.

คู่มือหลักการระบาดวิทยา
สำหรับงานอาชีวอนามัยและอนามัยสิ่งแวดล้อม
ในพื้นที่พัฒนาพิเศษภาคตะวันออก