เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ

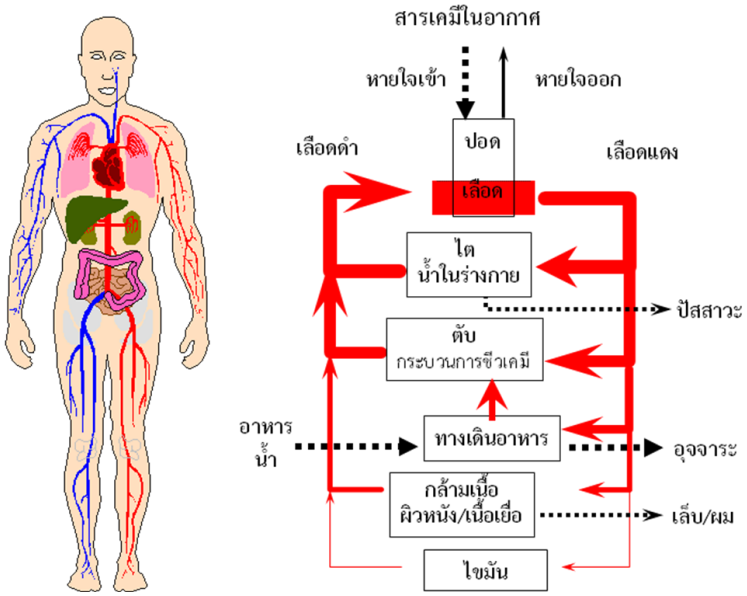
หัวข้อ การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment) ด้านอาชีวอนามัย

ตอนที่ ๓ การประเมินการสัมผัสทางชีวภาพ

เรียบเรียงโดย ดร. วิสันติ เลาหอุดมโชค
นักวิชาการแรงงานชำนาญการ
สำนักความปลอดภัยแรงงาน

การประเมินการสัมผัสทางด้านชีวภาพ (Biological Monitoring) เป็นวิธีการทางตรงที่มักใช้ประเมินระดับสารเคมีหนึ่งๆ ที่ได้รับเข้าสู่ร่างกาย โดยเก็บตัวอย่างทางชีวภาพที่ใช้เป็นตัวชี้วัด (Biomarkers) เพื่อทำการวิเคราะห์ระดับสารเคมีนั้นๆ (Parent Compounds) สารที่เป็นอนุพันธ์ (Metabolite) หรือสารที่เป็นผลิตผลจากปฏิกิริยาทางชีวเคมีในร่างกาย (Reaction Products) ทั้งนี้ สิ่งสำคัญคือ จะต้องพิจารณาถึงห้วงระยะเวลาการสัมผัส (Exposure Window) ที่ตัวอย่างทางชีวภาพนั้นๆ สามารถใช้เป็นตัวแทนได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านเทคโนโลยีในการตรวจ ความยุ่งยาก ความเที่ยงตรงแม่นยำ ค่าใช้จ่าย/ความคุ้มค่า และการตรวจนั้นจะต้องไม่เป็นอันตรายหรือไม่ละเมิดต่อร่างกายของผู้ปฏิบัติงานมากจนเกินไป เป็นต้น

ภายใต้สภาพแวดล้อมการทำงาน ผู้ปฏิบัติงานมีโอกาสได้รับสารเคมีเข้าสู่ร่างกายได้ ๓ ทางหลัก คือ ทางการหายใจ การกิน หรือการดูดซึมผ่านผิวหนัง (บางกรณีอาจเป็นหลายทางร่วมกัน แต่โดยทั่วไปจะมุ่งเน้นทางการหายใจ) หลังจากนั้น สารจะเข้าสู่กระแสโลหิตหรือเนื้อเยื่อต่างๆ โดยอาจมีการเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยา (Biotransformation) เกิดเป็นสารตัวกลางหรือสารอนุพันธ์ และบางส่วนจะถูกกำจัดออกจากร่างกาย เช่น ทางลมหายใจออก ทางปัสสาวะหรือเหงื่อถ้าเป็นสารที่มีโครงสร้างละลายน้ำได้ ฯลฯ ในขณะที่ส่วนที่เหลือจะสะสมตัวอยู่ในอวัยวะเป้าหมาย และก่อความเป็นพิษหรือผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยได้ กระบวนการหลังจากได้รับสารเคมีเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจ สามารถสรุปได้ดังแผนภาพ



จากแผนภาพข้างต้น การประเมินการสัมผัสสารเคมีในกลุ่มผู้ปฏิบัติงาน จึงอาจกระทำได้โดยการเก็บตัวอย่างทางชีวภาพที่เป็นของเหลว สิ่งขับถ่าย หรือเนื้อเยื่อร่างกาย เช่น เลือด ปัสสาวะ อุจจาระ เหงื่อ ลมหายใจออก เล็บ เส้นผม ฯลฯ เพื่อทำการวิเคราะห์ระดับสารที่ใช้เป็นตัวชี้วัดการสัมผัสสารเคมีหนึ่งๆ ซึ่งการประเมินการสัมผัสจากตัวอย่างทางชีวภาพ จะต้องพิจารณาภายใต้เงื่อนไขว่าสารที่ตรวจพบนั้น มีที่มาจากการได้รับเข้าสู่ร่างกายจริงๆ เท่านั้น มิใช่มาจากการที่สัมผัส/ปนเปื้อนภายนอก (External Contamination) เช่น กรณีที่มีการปนเปื้อนในเล็บมือจากการจับต้องสารเคมีโดยตรง จะไม่ถือว่าสารที่ตรวจพบในเล็บมาจากการสัมผัสที่ผ่านกระบวนการภายในร่างกาย ดังนั้น หากผู้ปฏิบัติงานมีการใช้มือสัมผัสโดยตรงกับสารเคมีที่ต้องการประเมิน เล็บมืออาจไม่เหมาะสมที่จะเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพของสารนั้น และควรต้องมีการพิจารณาตัวชี้วัดอื่นๆ แทน เช่น เล็บเท้า ผม เป็นต้น

ตัวอย่างทางชีวภาพที่ใช้เป็นตัวชี้วัด หรือที่มักเรียกกันสั้นๆ ว่า Biomarker นี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น ๔ ประเภทคือ

- ตัวชี้วัดการสัมผัส (Biomarkers of Exposure) คือตัวสารนั้นเอง สารอนุพันธ์ หรือสารที่เป็นผลิตผลจากปฏิกิริยาทางชีวเคมี ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ในตัวอย่างทางชีวภาพจากผู้ปฏิบัติงาน เช่น การตรวจสารตะกั่วในเลือด ถือเป็น Direct Biomarker ของสารตะกั่วที่ได้รับเข้าสู่ร่างกาย หรือการตรวจ t.t. Muconic Acid ซึ่งเป็นสาร Metabolite ของเบนซีนที่พบในปัสสาวะ ก็ถือว่าเป็น Direct Biomarker ของสารเบนซีนที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายเช่นกัน ซึ่งตัวชี้วัดประเภทนี้ จะมีการใช้มากในการประเมินการสัมผัสทางอาชีวอนามัย
- ตัวชี้วัดการตอบสนองของร่างกาย (Biomarkers of Response) คือการตรวจวิเคราะห์การตอบสนองหรือการเปลี่ยนแปลงทางร่างกายขั้นแรกเริ่มที่ยังไม่แสดงอาการ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการได้รับสารเคมีหนึ่งๆ
- ตัวชี้วัดผลกระทบจากการสัมผัส (Biomarkers of Effect/Disease) คือการตรวจผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ทางสรีรวิทยา ทางพันธุกรรม หรือในระดับโมเลกุล ตลอดจนโรคหรือความผิดปกติที่เกิดขึ้น และมีความจำเพาะกับการได้รับสารเคมีหนึ่งๆ เข้าสู่ร่างกาย โดยถือเป็น Indirect Biomarker ของสารนั้น
- ตัวชี้วัดความไวในการเกิดผลกระทบ (Biomarkers of Susceptibility) คือการประเมินความสามารถในการได้รับผลกระทบจากสารเคมีของแต่ละบุคคล โดยพิจารณาจากการมีสิ่งที่เป็นตัวชี้วัดการตอบสนองของร่างกายปรากฏขึ้น

ทั้งนี้ สารเคมีตัวหนึ่งๆ อาจมีตัวชี้วัดทางชีวภาพได้หลายตัว เช่น ตัวชี้วัดการสัมผัสสารToluene สามารถเลือกพิจารณาจากระดับ Toluene ในเลือดโดยตรง จากระดับ o–Cresol ในปัสสาวะ หรือจากระดับกรด Hippuric ในปัสสาวะก็ได้ อย่างไรก็ตาม สารเคมีหลายๆ ตัวก็อาจมี biomarker เป็นสารตัวเดียวกันได้ เช่น สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่ม Carbamate และ Organophosphate หลายชนิด จะใช้การตรวจวัดระดับของเอนไซม์ Cholinesterase เพื่อเป็นตัวชี้วัดการสัมผัส นอกจากนี้ สารเคมีบางชนิด ก็อาจไม่มีตัวชี้วัดทางชีวภาพที่มีความจำเพาะ หรือที่สามารถนำประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติได้

สำหรับแนวทางในการประเมินการสัมผัสทางอาชีวอนามัย โดยใช้ตัวชี้วัดทางชีวภาพ จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่สำคัญ ได้แก่ ประเภท/ชนิดของสารเคมีที่มีการใช้ รูปแบบ ปริมาณ กระบวนการที่เกี่ยวข้อง ฯลฯ ซึ่งสารเคมีที่มักพบบ่อยในงานอุตสาหกรรมและมีแนวโน้มการสัมผัสที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพผู้ปฏิบัติงาน ประกอบด้วยสารกลุ่มโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แมงกานีส ฯลฯ และสารตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ เช่น เบนซีน โทลูอีน สไตรีน ฯลฯ นอกจากนี้ ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อแนวโน้มการสัมผัส เช่น ทั้งนี้ ระยะเวลา การจัดสภาพแวดล้อมการทำงาน การควบคุมทางด้านวิศวกรรมและการบริหารจัดการ เป็นต้น หลักสำคัญในการพิจารณาคือ

- การเลือกตรวจตัวชี้วัดที่ถูกต้อง เหมาะสม มีความจำเพาะกับสารที่ต้องการประเมิน มีความเที่ยงตรงแม่นยำในการตรวจวิเคราะห์ และสามารถแปลผลได้ไม่ซับซ้อน
- ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง/ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ เช่น ก่อนหรือหลังการปฏิบัติงานที่มีการสัมผัสสาร การส่งตัวอย่างภายในเวลาที่กำหนด ฯลฯ เนื่องจากสารบางชนิดที่เข้าสู่ร่างกายอาจมีการเปลี่ยนแปลง ทำปฏิกิริยา หรือขับออกอย่างรวดเร็ว ทำให้มีค่าครึ่งชีวิตในร่างกาย (Biological Half-life) ที่สั้น นอกจากนี้ ยังต้องพิจารณาถึงห้วงเวลาการสัมผัสที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดนั้นๆ ด้วย ซึ่งถือเป็นสิ่งที่สำคัญมาก
- การเลือกตรวจเท่าที่จำเป็นตามโอกาสการสัมผัส เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานในสถานประกอบการเดียวกัน อาจมีแนวโน้มการสัมผัสสารและความเสี่ยงที่ต่างกัน ดังนั้น จึงไม่จำเป็นที่ผู้ปฏิบัติงานทุกคนจะต้องตรวจตัวชี้วัดเหมือนกันทุกรายการก็ได้
- การเก็บตัวอย่างตัวชี้วัด เป็นไปตามข้อกำหนดหรือเทคนิคเฉพาะ เช่น การงดอาหารบางประเภทก่อนตรวจ ใช้อุปกรณ์ที่ปราศจากการปนเปื้อนสารที่จะทำการตรวจ เป็นต้น
- อื่นๆ เช่น ค่าใช้จ่าย ความสะดวก ไม่ละเมิดต่อร่างกายผู้ถูกตรวจมากเกินไป ฯลฯ

กล่าวโดยสรุป การตรวจประเมินการสัมผัสทางชีวภาพ ถือเป็นเครื่องมือหนึ่งในการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานที่มีการสัมผัสสารเคมีอันตรายต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยอันตรายต่างๆ จากสภาพแวดล้อมการทำงาน ปัญหาสุขภาพในระยะแรกเริ่ม และดำเนินการป้องกัน/แก้ไข นอกจากนี้ ยังใช้เป็นข้อมูลที่ช่วยบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพในการควบคุมสภาพแวดล้อมการทำงานและกระบวนการผลิตด้วย

สำหรับแนวทางการเลือกตัวชี้วัด การเก็บตัวอย่าง ระยะเวลาที่เหมาะสม เกณฑ์มาตรฐาน ฯลฯ ในทางปฏิบัติส่วนใหญ่จะอ้างอิงจากคู่มือดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Biological Exposure Indices; BEI) ซึ่งมีการกำหนดและปรับปรุงอย่างต่อเนื่องโดยสมาคมนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมภาครัฐแห่งสหรัฐอเมริกา (ACGIH) ทั้งนี้ จะได้กล่าวถึงรายละเอียดในบทความตอนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Nieuwenhuijsen, MJ. **Exposure Assessment in Occupational and Environmental Epidemiology.** *Oxford University Press, 2003.*

[2] Smith, TJ. **Concepts in Environmental and Occupational Exposure Assessment.** A Presentation for EH296, *Harvard University, 2007.*