เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ

หัวข้อ การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment) ด้านอาชีวอนามัย

ตอนที่ ๔ ดัชนีชี้วัดการสัมผัสทางชีวภาพ

เรียบเรียงโดย ดร. วิสันติ เลาหอุดมโชค
นักวิชาการแรงงานชำนาญการ
สำนักความปลอดภัยแรงงาน

จากบทความตอนที่แล้ว ได้กล่าวถึงการประเมินการสัมผัสทางด้านชีวภาพ อันเป็นวิธีทางตรงที่มักใช้ประเมินระดับสารเคมีหนึ่งๆ ที่ได้รับเข้าสู่ร่างกาย โดยเก็บตัวอย่างทางชีวภาพเพื่อทำการวิเคราะห์ระดับสารเคมีนั้นๆ หรือสารที่ใช้เป็นตัวชี้วัด และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานปลอดภัย ซึ่งแนวทางและมาตรฐานที่แพร่หลายและเป็นที่ยอมรับ คือการใช้ดัชนีชี้วัดการสัมผัสทางชีวภาพ (Biological Exposure Indices; BEIs) ซึ่งถูกกำหนดและมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องโดยสมาคมนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมภาครัฐแห่งสหรัฐอเมริกา (American Conference of the Governmental Industrial Hygienists; ACGIH) โดยจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในบทความฉบับนี้

ACGIH ได้พัฒนาค่า BEIs เพื่อให้ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินการสัมผัสสารเคมีต่างๆ ในกลุ่มผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งถือได้ว่ามีบทบาทควบคู่กับการประเมินการสัมผัสทางสิ่งแวดล้อมโดยใช้ค่าขีดจำกัดสูงสุดในการสัมผัส (Threshold Limit Values; TLVs) ซึ่งทั้ง BEIs และ TLVs เป็นค่ามาตรฐานอ้างอิง/ค่าแนะนำที่เชื่อว่าจะก่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุดต่อผู้ปฏิบัติงาน มิใช่เป็นค่ามาตรฐานบังคับใช้ ทั้งนี้ ในปี ค.ศ. ๒๐๑๑ มีแนวทางการตรวจวิเคราะห์และค่า BEIs สำหรับสารเคมีจำนวน ๔๙ รายการ โดยค่าที่กำหนดนี้ เป็นค่าระดับตัวชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarkers) ที่บ่งบอกถึงการได้รับสารเคมีหนึ่งๆ เข้าสู่ร่างกายจากทุกรูปแบบการสัมผัส ไม่ว่าจะเป็นโดยการหายใจ การกิน หรือการดูดซึมผ่านผิวหนัง ทั้งจากการทำงานและจากสิ่งแวดล้อมทั่วไป อย่างไรก็ตาม ค่าดังกล่าวกำหนดให้ใช้เป็นแนวทางเพื่อประเมินการสัมผัสสารเคมีจากสิ่งแวดล้อมการทำงาน (Occupational Exposure) เท่านั้น และมุ่งเน้นเฉพาะผู้ปฏิบัติงานที่มีสุขภาพดีเป็นปกติ (Healthy Workers) โดยจะมีการเก็บตัวอย่างทางชีวภาพ เช่น เลือด ปัสสาวะ ลมหายใจออกช่วงสุดท้าย (End-exhaled Air) ฯลฯ เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณของสารเคมีที่ต้องการประเมินการสัมผัส หรือปริมาณสารอนุพันธ์ (Metabolites) หรือค่าการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีเนื่องจากการสัมผัสสาร เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน BEI ของสารนั้น ทั้งนี้ หากไม่เกินค่าที่กำหนด ก็จะแปลผลว่าผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานสัมผัสสารเคมีภายใต้สภาพแวดล้อมนั้นได้ โดยเชื่อว่าจะไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ และถ้าปริมาณที่พบสูงกว่าค่า BEI ที่กำหนด ก็มิได้หมายความว่าจะต้องมีผลกระทบทางสุขภาพหรือการเจ็บป่วยเกิดขึ้นเช่นกัน

กล่าวได้ว่า BEIs สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งเพื่อการประเมินการสัมผัสสารเคมีจากการทำงาน เฝ้าระวังการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ประเมินประสิทธิภาพของมาตรการควบคุมป้องกันที่มีอยู่ อย่างไรก็ตาม ความจำเป็นในการตรวจประเมินการสัมผัสทางโดยใช้ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ จะขึ้นอยู่กับระดับความเสี่ยงในการสัมผัสสารนั้นของผู้ปฏิบัติงานแต่ละคนและปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งควรต้องมีการพิจารณาความเหมาะสมโดยนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรม หรือผู้เชี่ยวชาญด้านอาชีวอนามัย

<u>แนวทางการประยุกต์ใช้ BEIs</u>

ดังที่ได้กล่าวมาในข้างต้น การประเมินการสัมผัสโดยใช้ BEIs นอกจากจะเป็นการตรวจประเมินโดยตรงแล้ว ยังช่วยสนับสนุนข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์ระดับสารเคมีในสภาพแวดล้อมการทำงานอีกด้วย จึงควรดำเนินการโดยนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมหรือผู้เชี่ยวชาญด้านอาชีวอนามัย โดยมีหลักคำนึงว่าผู้ปฏิบัติงานแต่ละคนมีความไว (Susceptibility) และความทน (Tolerance) ต่อสารเคมีไม่เท่ากัน ดังนั้น ค่า BEI ซึ่งมีที่มาจากแนวโน้มของคนส่วนใหญ่จึงไม่ใช่สิ่งตัดสินความเป็นอันตรายกับความปลอดภัย นั่นคือ หากตรวจพบว่าต่ำกว่าค่าที่กำหนด ก็ไม่ได้แปลว่าจะปลอดภัยทุกคน ทั้งนี้ การตรวจติดตามหลายครั้งหรือหลายช่วงเวลาภายใต้เงื่อนไขที่ต่างกัน อาจช่วยให้การประเมินการสัมผัสมีความถูกต้องแม่นยำกว่าการตรวจเพียงครั้งเดียว และหากตรวจพบว่ามีค่าเกินมาตรฐาน ควรมีการตรวจยืนยัน ถ้ายังคงสูงอยู่ หรือมีพบว่ามีค่าสูงในผู้ปฏิบัติงานหลายราย จะต้องทำการวิเคราะห์สาเหตุ และดำเนินการควบคุมป้องกันอย่างเหมาะสมและรวดเร็ว

อนึ่ง ค่า BEI นี้ ถูกกำหนดขึ้นบนพื้นฐานเพื่อเป็นตัวชี้วัดที่ใช้สำหรับผู้ปฏิบัติงาน ๘ ชั่วโมงต่อวัน ๕ วันต่อสัปดาห์ กรณีมีระยะเวลาการทำงานที่แตกต่างจากนี้ ก็ยังคงให้ใช้ค่าอ้างอิงตามที่กำหนด โดยไม่ต้องทำการปรับค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงด้วยวิธีการใดๆ

<u>ช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างทางชีวภาพ</u>

สำหรับสารเคมีแต่ละชนิดที่มีการกำหนด BEI นั้น ACGIH จะมีการเสนอแนะช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับเก็บตัวอย่างทางชีวภาพ เนื่องจากสารบางชนิดมีการดูดซึม เกิดปฏิกิริยา เปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางเคมี หรือขับออกจากร่างกายอย่างรวดเร็ว จึงทำให้มีค่าครึ่งชีวิตในร่างกาย (Biological Half-life) สั้น ดังนั้นจำเป็นต้องมีการเก็บตัวอย่างตรงตามที่ระบุไว้ ดังนี้

Prior to shift	เก็บตัวอย่างก่อนเข้ากะ โดยห่างจากการสัมผัสสารครั้งก่อนหน้า ≤ ๑๖ ชั่วโมง
During shift	เก็บตัวอย่างระหว่างเข้ากะ โดยต้องทำงานสัมผัสสารนั้นไปแล้ว ๒ ชั่วโมง
End of shift	เก็บตัวอย่างหลังหยุดสัมผัสสาร โดยเร็วที่สุด (ไม่ควรเกิน ๓๐ นาทีหลังเลิกกะ)
End of workweek	เก็บตัวอย่างหลังจากทำงานสัมผัสสารนั้นมาแล้วอย่างน้อย ๔-๕ วันติดต่อกัน
Discretionary	เก็บตัวอย่างเวลาใดก็ได้

<u>การประกันคุณภาพ</u>

การประเมินการสัมผัสโดยใช้ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ จะต้องดำเนินการภายใต้กระบวนการประกันคุณภาพเพื่อให้ผลการตรวจเชื่อถือได้ กล่าวคือ ตัวอย่างจะต้องถูกเก็บด้วยวิธีการ และเวลาที่เหมาะสม ปราศจากการปนเปื้อน ใช้ภาชนะบรรจุที่ถูกประเภท มีการติดฉลากระบุข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับตัวอย่าง และบันทึกรายละเอียดต่างๆ ไว้อย่างครบถ้วน เช่น ชื่อ/รหัสผู้ปฏิบัติงาน แหล่งกำเนิดและเวลาที่ทำงานสัมผัสสารเคมี เวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง ฯลฯ นอกจากนี้ ห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ตัวอย่าง จะต้องได้มาตรฐานโดยเครื่องมือ/อุปกรณ์ที่ใช้จะต้องมีความเที่ยงตรงแม่นยำ ความไว และความจำเพาะในระดับที่เป็นที่ยอมรับ มีการจัดทำรายงานผลการตรวจวิเคราะห์ที่แสดงรายละเอียดอย่างครบถ้วน และห้องปฏิบัติการนั้นๆ มีระบบการควบคุมคุณภาพ ผ่านการรับรองและมีการตรวจสอบจากหน่วยงานภายนอกอย่างสม่ำเสมอ

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า BEI กับค่า TLV

ค่า BEIs แสดงถึงระดับสารเคมีหนึ่งๆ หรือสารที่เป็นตัวชี้วัดที่ตรวจวัดได้จากตัวอย่างที่เก็บจากร่างกายผู้ปฏิบัติงาน ส่วนค่า TLVs เป็นค่าขีดจำกัดระดับความเข้มข้นของสารเคมีที่ตรวจวัดได้จากบรรยากาศการทำงานที่ผู้ปฏิบัติงานมีการสัมผัส โดยค่าทั้งสองนี้ อาจอุปมานเทียบเคียงกันได้สำหรับผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่ ซึ่งการสัมผัสสารเคมีจากสิ่งแวดล้อมการทำงานที่ระดับค่า TLV จะทำให้ตัวชี้วัดทางชีวภาพของสารนั้นมีระดับที่ตรวจวัดได้ประมาณเท่ากับค่า BEI ที่กำหนด อย่างไรก็ตาม ค่าที่ตรวจวัดได้ในทางปฏิบัติอาจไม่สัมพันธ์กันเนื่องจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

- ปัจจัยด้านสรีระวิทยาและสภาวะสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน เช่น อายุ เพศ ขนาดร่างกาย ภาวะทางโภชนาการ การเจ็บป่วย การตั้งครรภ์ ฯลฯ
- ปัจจัยเกี่ยวกับการสัมผัสสารจากการทำงาน เช่น ระยะเวลาที่ปฏิบัติ สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ ความชื้น การสัมผัสทางผิวหนังหรือสัมผัสสารอื่นๆ ร่วมด้วย ฯลฯ
- ปัจจัยเกี่ยวกับการสัมผัสสารนอกงาน เช่น จากการทำงานพิเศษที่อื่น ทำงานบ้าน งานอดิเรก สุขวิทยาส่วนบุคคล การสูบบุหรี่ การใช้ยาบางประเภท ฯลฯ
- ปัจจัยเกี่ยวกับวิธีการตรวจตัวชี้วัดทางชีวภาพ เช่น การปนเปื้อน การเสื่อมสภาพของตัวอย่าง ความเบี่ยงเบนจากกระบวนการวิเคราห์ ฯลฯ
- ปัจจัยเกี่ยวกับการตรวจวัดสารเคมีในสิ่งแวดล้อม เช่น เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ ตำแหน่งที่ตรวจวัด การกระจายตัวของอนุภาคขนาดต่างๆ ในอากาศ ฯลฯ
- ปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล

นอกจากนี้ ยังอาจมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการแปลผลการตรวจวัดตัวชี้วัดทางชีวภาพ ได้แก่ การสัมผัสสารจากแหล่งอื่นๆ นอกเหนือการปฏิบัติงาน ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง การได้รับสารเคมีหลายชนิด ช่องทางรับเข้าสู่ร่างกาย วิถีการดำเนินชีวิตและปัจจัยส่วนบุคคลอื่นๆ

คำอธิบายสัญลักษณ์อื่นๆ

“B”	Background หมายถึง ระดับค่าพื้นฐานที่ตรวจวัดได้ในคนทั่วไปที่ไม่ได้ทำงานสัมผัสสารนั้นๆ
“Ns”	Non-specific หมายถึง ตัวชี้วัดทางชีวภาพนี้ไม่จำเพาะกับสารเคมีเพียงชนิดเดียว อาจตรวจพบได้กรณีสัมผัสสารเคมีชนิดอื่นด้วย หากจำเป็นต้องมีการยืนยันผล ควรพิจารณาวิธีการอื่นที่จำเพาะกับสารนั้น
“Nq”	Non-quantitative หมายถึง ตัวชี้วัดนั้นไม่สามารถบ่งชี้การสัมผัสในเชิงปริมาณได้ เนื่องจากข้อมูลที่มีในปัจจุบันยังไม่เพียงพอ
“Sq”	Semi-quantitative หมายถึง ตัวชี้วัดนั้นสามารถบ่งชี้การสัมผัสสารได้ แต่การแปลผลในเชิงปริมาณยังไม่อาจเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการสัมผัสกับค่าที่ตรวจวัดได้อย่างชัดเจน จึงเป็นการวิเคราะห์แบบกึ่งปริมาณ โดย ACGIH แนะนำให้ใช้เป็นการตรวจคัดกรองการสัมผัสสารเคมีนั้นๆ แนะนำให้ใช้เป็นการตรวจคัดกรองการสัมผัสสารเคมีนั้นๆ โดยเฉพาะในกรณีที่การตรวจด้วยวิธีการเชิงปริมาณไม่สามารถกระทำได้โดยง่าย หรืออาจใช้สำหรับตรวจเพื่อยืนยันการสัมผัสกรณีตัวชี้วัดทางชีวภาพแบบเชิงปริมาณที่ใช้เป็นตัวชี้วัดที่ไม่จำเพาะ

ทั้งนี้ รายละเอียดของค่ามาตรฐาน BEI ที่กำหนดไว้สำหรับสารเคมีแต่ละตัว รูปแบบ/วิธีการเก็บตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์ ปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อค่าที่ตรวจวัดได้ เอกสารที่ใช้ในการอ้างอิง ฯลฯ จะมีอยู่ในเอกสาร “Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices (ACGIH TLVs® and BEIs®)” ซึ่งมีลิขสิทธิ์และไม่สามารถเผยแพร่รายละเอียดในที่นี้ได้ โดยเอกสารดังกล่าวมีการจัดพิมพ์จำหน่ายและมีการปรับปรุงเป็นประจำทุกปี

เอกสารอ้างอิง

[1] American Conference of the Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). **TLVs® and BEIs® 2011.** *ACGIH, Cincinnati, 2011.*

[2] Morgan, MS. **The Biological Exposure Indices: A Key Component in Protecting Workers from Toxic Chemicals.** *Environmental Health Perspectives, 1997; 105 Suppl I, p. 105-114.*