

บทความพินิจ

Review Article

แนวทางการเฝ้าระวังผลกระทบทางสุขภาพจากอุบัติเหตุฉุกเฉินจากรังสีก่อไอออน

Health Surveillance Guidelines for Ionizing Radiation Emergencies

ฐาปกรณ์ วัฒนกนกธรรม

Tapakorn Wattananoktham

วิสุทธิพงศ์ เสวตประสาธน์

Wisuthipong Sawetprasart

โรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา

Queen Savang Vadhana Memorial Hospital

DOI: <https://doi.org/10.14456/dcj.2026.16>

Received: December 4, 2025 Revised: March 4, 2026 Accepted: March 20, 2026

บทคัดย่อ

อุบัติภัยฉุกเฉินจากรังสีก่อไอออนส่งผลกระทบต่อสุขภาพทั้งแบบกำหนดได้และแบบสุ่ม บทความพินิจนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์แนวทางการเฝ้าระวังสุขภาพสำหรับผู้ปฏิบัติงานเผชิญเหตุและประชาชนทั่วไป โดยเปรียบเทียบมาตรฐานสากล มาตรฐานอาชีพอนามัยของจีน และแนวทางของประเทศไทย ผลการทบทวนพบว่า แนวทางของไทยในปัจจุบันยังใช้การตรวจสุขภาพทั่วไปที่ขาดความจำเพาะเจาะจงต่อรังสี ผู้นิพนธ์จึงเสนอให้บูรณาการมาตรฐานเพื่อยกระดับระบบเฝ้าระวัง โดยปรับลดเกณฑ์การเข้าสู่ระบบระยะยาวเป็นเมื่อได้รับรังสีสะสมเกิน 100 mSv และเน้นการตรวจติดตามจำเพาะอวัยวะที่ไวต่อรังสี (เลนส์ตา ต่อมไทรอยด์ ระบบสืบพันธุ์ ระบบเลือด) ควบคู่กับการคัดกรองมะเร็งและสุขภาพจิต พร้อมทั้งเสนอ “ระบบเฝ้าระวังสุขภาพแบบสองระดับ (Tiered approach)” เพื่อบริหารทรัพยากรทางการแพทย์อย่างมีประสิทธิภาพ บทความนี้มุ่งหวังให้เป็นแนวทางปฏิบัติสำหรับแพทย์อาชีวเวชศาสตร์ในการจัดการความเสี่ยงทางสุขภาพจากรังสีอย่างเป็นระบบ

ติดต่อผู้นิพนธ์: ฐาปกรณ์ วัฒนกนกธรรม

อีเมล: gtapakorn@gmail.com

Abstract

Ionizing radiation emergencies cause both deterministic and stochastic health effects. This review article synthesizes health surveillance guidelines for emergency responders and the public by comparing International Atomic Energy Agency (IAEA) standards, Chinese occupational health standards (GBZ), and Thailand's current guidelines. Finding that Thailand's existing general health examinations lack specificity for radiation exposure, this article proposes an integrated framework. It recommends lowering the long-term surveillance threshold to >100 mSv and emphasizes organ-specific monitoring for radiosensitive targets (eye lens, thyroid, reproductive, and hematopoietic systems) alongside cancer and mental health screening. A “Tiered approach” is also proposed to optimize limited medical resources. Ultimately, this article serves as a practical guideline for occupational medicine physicians to systematically manage radiation health risks.

Correspondence: Tapakorn Wattananoktham

E-mail: gtapakorn@gmail.com

คำสำคัญ

ภาวะฉุกเฉินทางรังสี; การเฝ้าระวังสุขภาพ;
รังสีก่อไอออน; อาชีวเวชศาสตร์

Keywords

radiation emergency; health surveillance;
ionizing radiation; occupational medicine

บทนำ

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์และรังสีในปัจจุบันมีความแพร่หลายทั้งในด้านการแพทย์ อุตสาหกรรม และพลังงาน ซึ่งในบทความนี้จะมุ่งเน้นเฉพาะ “รังสีก่อไอออน (Ionizing Radiation)” เป็นหลัก การใช้งานที่ขยายตัวดังกล่าวนำมาซึ่งความเสี่ยงต่อการเกิด “อุบัติเหตุทางรังสี (Radiation Emergencies)” แม้ข้อมูลจากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency: IAEA) จะระบุว่าอุบัติการณ์ส่วนใหญ่ทั่วโลกมีให้อุบัติเหตุระดับหายนะภัยจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ แต่เป็นอุบัติเหตุขนาดเล็กในภาคอุตสาหกรรมและการแพทย์ เช่น การสูญหายของวัสดุกัมมันตรังสี หรืออุบัติเหตุจากการขนส่ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมโดยรอบ^(1,2)

สำหรับบริบทของประเทศไทย บทเรียนจากกรณีอุบัติเหตุโคบอลต์-60 (Cobalt-60) ที่จังหวัดสมุทรปราการ และกรณีล่าสุดคือซีเซียม-137 (Cesium-137) ที่จังหวัดปราจีนบุรี ได้สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาสำคัญที่แตกต่างกัน โดยกรณีแรกชี้ให้เห็นถึงความล่าช้าในการวินิจฉัยทางการแพทย์⁽³⁾ ในขณะที่กรณีหลังสะท้อนปัญหาด้านการสื่อสารความเสี่ยง⁽⁴⁾ ซึ่งทั้งสองเหตุการณ์ส่งผลกระทบต่อทั้งร่างกายและจิตสังคม ตลอดจนก่อให้เกิดความตื่นตระหนกของประชาชนที่ขาดความเชื่อมั่นในระบบการจัดการความปลอดภัย

ในอดีตประเทศไทยได้มีการจัดทำแนวทางการเตรียมความพร้อมรองรับอุบัติภัยฉุกเฉินจากรังสี พ.ศ. 2558 โดยกรมควบคุมโรค⁽⁵⁾ ซึ่งกำหนดเกณฑ์การเฝ้าระวังสุขภาพในกลุ่มเสี่ยงที่มีประวัติได้รับรังสีสะสมตั้งแต่ 0.2 เกรย์ (Gray: Gy) หรือ 200 มิลลิซีเวิร์ต (millisievert: mSv) ขึ้นไป โดยเน้นการตรวจสุขภาพประจำปีทั่วไปและการคัดกรองมะเร็งตามช่วงอายุ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ความรู้และมาตรฐานสากลในปัจจุบัน พบว่าแนวทางที่มีอยู่ยังมีช่องว่างและข้อจำกัดบางประการ กล่าวคือ เกณฑ์การเริ่มเฝ้าระวังที่ 0.2 Gy นั้นสูงกว่าเกณฑ์แนะนำล่าสุดของ IAEA และมาตรฐานอาชีวอนามัยสากลที่ปรับลดลง

มาอยู่ที่ 0.1 Gy (100 mSv) อีกทั้งแนวทางเดิมยังขาดรายละเอียดการตรวจติดตามที่จำเพาะเจาะจงต่ออวัยวะที่ไวต่อรังสีในเชิงลึก รวมถึงขาดการเชื่อมโยงข้อมูลอย่างเป็นระบบ ทำให้การติดตามผู้ป่วยระยะยาวขาดความต่อเนื่อง นอกจากนี้ ลำสุดกระทรวงสาธารณสุขได้ออกประกาศกำหนดให้โรครากังสีก่อไอออนเป็นโรคจากการประกอบอาชีพ⁽⁶⁾ และโรครากังสีสิ่งแวดล้อม⁽⁷⁾ (พ.ศ. 2568) แต่ในระดับปฏิบัติการยังคงขาดแคลนแนวทางเวชปฏิบัติที่ชัดเจนในการรองรับผู้ป่วยกลุ่มดังกล่าว

บทความพินิจนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนและสังเคราะห์แนวทางการเฝ้าระวังผลกระทบทางสุขภาพ โดยมุ่งเน้นการเปรียบเทียบแนวทางจากมาตรฐานความปลอดภัยของ IAEA ในฐานะกรอบบริหารจัดการสากล และมาตรฐานด้านอาชีวอนามัยแห่งชาติของสาธารณรัฐประชาชนจีน (Guojia Zhiye Weisheng Biaozhun: GBZ) ซึ่งมีความโดดเด่นด้านเกณฑ์วินิจฉัยทางคลินิกที่ละเอียดและนำไปปฏิบัติได้จริง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการยกระดับระบบเฝ้าระวังสุขภาพของประเทศไทยให้มีความทันสมัย รองรับกับกฎหมายใหม่โดยครอบคลุมทั้งมิติด้านอาชีวอนามัย (Occupational Health) สำหรับผู้ปฏิบัติงานเผชิญเหตุและมิติด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม (Environmental Health) สำหรับประชาชนทั่วไป บทความนี้จึงมุ่งหวังให้เป็นแนวทางปฏิบัติสำหรับแพทย์อาชีวเวชศาสตร์ แพทย์เวชศาสตร์ฉุกเฉิน และบุคลากรสาธารณสุข ในการบริหารจัดการความเสี่ยงทางสุขภาพจากรังสีอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพสูงสุด

วิธีการสืบค้นข้อมูล

รูปแบบการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมแบบบูรณาการ (Integrative Literature Review) โดยกำหนดกรอบการศึกษาแบ่งเป็น 2 มิติหลัก คือ 1) ด้านอาชีวอนามัยสำหรับผู้ปฏิบัติงาน และ 2) ด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมและสาธารณสุขสำหรับประชาชนทั่วไป

แหล่งข้อมูลและการสืบค้น

สืบค้นเอกสารที่ตีพิมพ์ระหว่างปี พ.ศ. 2543 ถึง 2567 จากฐานข้อมูลวิชาการ ได้แก่ PubMed และ Scopus รวมถึงเอกสารมาตรฐานและแนวทางปฏิบัติจากองค์การระดับนานาชาติ ได้แก่ IAEA องค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) สำนักงานบริหารความปลอดภัยและอาชีวอนามัยแห่งชาติ สหรัฐอเมริกา (Occupational Safety and Health Administration: OSHA) และคำแนะนำของศูนย์ควบคุมและป้องกันโรคแห่งสหรัฐอเมริกา (Centers for Disease Control and Prevention: CDC) ตลอดจนมาตรฐานอาชีวอนามัยแห่งชาติของจีน (GBZ) และแนวทางการเตรียมความพร้อมรองรับอุบัติเหตุฉุกเฉินจากรังสี กรมควบคุมโรค ประเทศไทย โดยใช้คำสำคัญในการสืบค้น ได้แก่ Radiation emergency, Ionizing radiation, Health surveillance, Medical surveillance และ Occupational Medicine

เกณฑ์การคัดเลือกเอกสาร

กำหนดเกณฑ์การคัดเลือก (Inclusion criteria) โดยเลือกเฉพาะเอกสารมาตรฐานความปลอดภัยและแนวทางปฏิบัติทางคลินิกที่มีการระบุเกณฑ์ปริมาณรังสีไว้อย่างชัดเจน และกำหนดเกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria) โดยตัดเอกสารที่เกี่ยวข้องกับรังสีชนิดไม่ก่อไอออน การจำลองทางฟิสิกส์ที่ไม่มีเนื้อหาทางคลินิก หรือการศึกษาในสัตว์ทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

โดยนำเอกสารที่ผ่านการคัดเลือกมาสกัดข้อมูลสำคัญ ได้แก่ นิยามและเกณฑ์ระดับปริมาณรังสี วิธีการประเมินความเสี่ยง การคัดแยกผู้ป่วย และมาตรการตรวจติดตามจำเพาะรายอวัยวะ จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกรอบมาตรฐาน IAEA, มาตรฐาน GBZ และแนวทางการเตรียมความพร้อมรองรับอุบัติเหตุฉุกเฉินจากรังสี กรมควบคุมโรค ประเทศไทย เพื่อสังเคราะห์เป็นข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติที่เหมาะสมกับระบบสาธารณสุขไทย

เนื้อหาที่ทบทวน

1. นิยามและการแบ่งประเภทรังสีก่อไอออน

รังสีก่อไอออน (Ionizing radiation) หมายถึง รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรืออนุภาคที่มีพลังงานสูงเพียงพอที่จะทำให้อะตอมหรือโมเลกุลของตัวกลางที่เคลื่อนที่ผ่านเกิดการแตกตัวเป็นไอออนได้ ซึ่งกระบวนการนี้สามารถทำลายเนื้อเยื่อและสารพันธุกรรมในเซลล์สิ่งมีชีวิต รังสีก่อไอออนแบ่งตามลักษณะทางกายภาพได้เป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ รังสีที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น รังสีเอกซ์ และรังสีแกมมา และรังสีที่เป็นอนุภาค เช่น แอลฟา บีตา และนิวตรอน⁽⁸⁾

2. ปริมาณรังสีและวิธีการประเมินปริมาณรังสี

ในการเฝ้าระวังทางสุขภาพ การประเมินปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับมีความสำคัญสูงสุด โดยอาศัยปริมาณรังสีสำคัญ 3 ชนิด⁽⁹⁾ ได้แก่

2.1 ปริมาณรังสีดูดกลืน (Absorbed dose) : มีหน่วยเป็น เกรย์ (Gray: Gy) คือพลังงานรังสีที่อวัยวะหรือเนื้อเยื่อดูดกลืนไว้ ใช้ประเมินความรุนแรงของการบาดเจ็บของอวัยวะ

2.2 ปริมาณรังสีสมมูล (Equivalent dose) : มีหน่วยเป็น ซีเวิร์ต (Sievert: Sv) เป็นค่าที่คำนึงถึงชนิดของรังสี (Radiation weighting factor) เนื่องจากรังสีแต่ละชนิดก่อให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อไม่เท่ากัน ใช้ประเมินผลกระทบต่ออวัยวะเฉพาะส่วน

2.3 ปริมาณรังสีมีผล (Effective dose) : มีหน่วยเป็น ซีเวิร์ต (Sv) เป็นค่าที่คำนึงถึงความไวต่อรังสีของอวัยวะ (Tissue weighting factor) เพื่อใช้ประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งในภาพรวมของร่างกาย

2.4 การประเมินปริมาณรังสีเป็นหัวใจสำคัญในการจัดการทางการแพทย์เพื่อคัดแยกผู้ป่วย วางแผนการรักษา และเป็นเกณฑ์ในการเฝ้าระวังระยะยาว โดยอาศัยการบูรณาการข้อมูล 3 ส่วนหลัก ได้แก่

2.4.1 การประเมินจากอาการทางคลินิก (Clinical Dosimetry) : เป็นวิธีที่รวดเร็วที่สุดในภาวะฉุกเฉิน โดยใช้ “ระยะเวลาตั้งแต่ได้รับรังสีจนถึงเริ่มมีอาการอาเจียน (Time to onset of vomiting)” เป็นตัว

ชีวิตหลักที่แปรผกผันกับปริมาณรังสีที่ได้รับ ซึ่งช่วยให้แพทย์ประเมินความรุนแรงเบื้องต้นและพยากรณ์โรคได้อย่างรวดเร็ว⁽¹⁰⁾

2.4.2 การประเมินทางกายภาพ (Physical Dosimetry) : สำหรับผู้ปฏิบัติงานเผชิญเหตุ ข้อมูลจากเครื่องวัดรังสีประจำบุคคล (Personal Dosimeter) เช่น เครื่องวัดรังสีแบบอ่านค่าด้วยแสง (Optically Stimulated Luminescence: OSL) หรือ เครื่องวัดรังสีแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Personal Dosimeter: EPD) ถือว่ามีความแม่นยำสูงสุดและใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงได้⁽¹¹⁾ ในขณะที่ประชาชนทั่วไปซึ่งมักไม่มีอุปกรณ์ดังกล่าว ต้องอาศัยการจำลองปริมาณรังสีจากระยะเวลาและระยะห่างจากแหล่งกำเนิด หรือใช้เทคนิคขั้นสูง เช่น การสั่นพ้องอิเล็กตรอนพาราแมกเนติก (Electron paramagnetic resonance: EPR) ในการประเมินจากเล็บมือ หรือ ฟัน⁽¹²⁾

2.4.3 การประเมินทางชีวภาพ (Biodosimetry) : ถือเป็นมาตรฐานทางการแพทย์เมื่อข้อมูลทางกายภาพไม่ชัดเจน ประกอบด้วย⁽¹³⁾

- การประเมินทางโลหิตวิทยา (Hematological Dosimetry) : ใช้การลดลงอย่างรวดเร็วของเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ (Absolute Lymphocyte Count: ALC) ภายใน 48–72 ชั่วโมงแรก เป็นตัวบ่งชี้ปริมาณรังสีเบื้องต้น

- การวิเคราะห์โครโมโซม (Cytogenetic Dosimetry) : เทคนิคการวิเคราะห์โครโมโซมชนิดไดเซนทริก (Dicentric chromosome assay: DCA) ถือเป็นวิธีมาตรฐานสูงสุด (Gold standard) ที่มีความแม่นยำสูง แต่อาจใช้เวลาวิเคราะห์ 3–5 วัน จึงอาจพิจารณาใช้เทคนิคไซโตไคน์บล็อกไมโครนิวเคลียส (Cytokinesis-block micronucleus: CBMN) ในการคัดแยกผู้ป่วยจำนวนมากเนื่องจากสามารถใช้ระบบอัตโนมัติได้

- การประเมินปริมาณรังสีภายในร่างกาย (Internal Dosimetry) : อาศัยการนับรังสีทั่วร่างกาย (Whole-body counting) และวิเคราะห์สิ่งส่งตรวจ เช่น

ปัสสาวะ อุจจาระ และการป้ายจมูก (Nasal swabs) เพื่อประเมินการปนเปื้อนภายใน

3. แหล่งกำเนิดรังสีก่อไอออนและกลุ่มเป้าหมาย

แหล่งกำเนิดรังสีก่อไอออนที่อาจนำไปสู่ภาวะฉุกเฉิน มักมาจาก 3 ภาคส่วนหลัก ได้แก่ 1) ภาคการแพทย์ (เช่น สารเภสัชรังสี เครื่องฉายรังสีรักษา) 2) ภาคอุตสาหกรรม (เช่น อุปกรณ์ถ่ายภาพรังสีทางอุตสาหกรรม เครื่องฉายรังสีเพื่อฆ่าเชื้อ) และ 3) ภาคพลังงาน (เช่น โรงไฟฟ้านิวเคลียร์) โดยสาเหตุหลักของอุบัติเหตุในระดับท้องถิ่นมักเกิดจากการจัดการวัสดุกัมมันตรังสีที่เลิกใช้งานแล้วอย่างไม่ถูกต้อง หรือวัสดุกัมมันตรังสีสูญหาย^(1,2)

ในด้านกลุ่มประชากรที่มีโอกาสได้รับสัมผัสรังสี โดยเฉพาะในสถานการณ์ฉุกเฉิน พบว่ามีความหลากหลายตามลักษณะอาชีพและบริบทของการสัมผัส กลุ่มแรกคือ ผู้ปฏิบัติงานเผชิญเหตุ เช่น นักดับเพลิง เจ้าหน้าที่กู้ภัย เจ้าหน้าที่ตำรวจ และทีมแพทย์ฉุกเฉิน ซึ่งมักเป็นกลุ่มแรกที่เข้าถึงพื้นที่เกิดเหตุและมีความเสี่ยงสูงต่อการได้รับรังสี หากการประเมินสถานการณ์หรือมาตรการป้องกันไม่เพียงพอ กลุ่มที่สองคือ ผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งอาจได้รับสัมผัสจากการขาดความรู้ ความเข้าใจ หรือการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดรังสี และกลุ่มสุดท้ายคือ ประชาชนทั่วไป ทั้งผู้อยู่อาศัยในพื้นที่ใกล้เคียงหรือผู้สัญจรผ่านบริเวณเกิดเหตุ ซึ่งมักได้รับรังสีโดยไม่รู้ตัว ขาดอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสม และมีความเปราะบางต่อผลกระทบทางกายและจิตใจ

4. ลักษณะการรับสัมผัสรังสี

ลักษณะการรับสัมผัสรังสีของกลุ่มเป้าหมายสามารถจำแนกตามบริบทและสภาพแวดล้อมได้ 3 ลักษณะ ดังนี้⁽¹⁴⁾

4.1 การรับสัมผัสตามธรรมชาติ (Background Exposure) : เป็นการรับสัมผัสในชีวิตประจำวันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น รังสีคอสมิกจากอวกาศ รังสีจากแร่ธาตุในเปลือกโลก หรือก๊าซเรดอน (Radon) ที่สะสมตามบ้านเรือน ซึ่งมักเป็นการรับรังสีในปริมาณที่ต่ำมาก

และมีความเสี่ยงต่อสุขภาพน้อย

4.2 การรับสัมผัสจากการทำงาน (Occupational Exposure) : เกิดขึ้นกับผู้ประกอบอาชีพที่ใช้รังสี (เช่น นักรังสีเทคนิค หรือผู้ปฏิบัติงานรังสีทางอุตสาหกรรม) ลักษณะการรับสัมผัสจะเป็น “การรับปริมาณรังสีต่ำแบบเรื้อรัง (Chronic low dose)” ซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมและจำกัดปริมาณรังสีตามมาตรฐานความปลอดภัยอย่างเข้มงวด รวมถึงมีการเฝ้าระวังด้วยเครื่องวัดรังสีประจำบุคคล

4.3 การรับสัมผัสในกรณีฉุกเฉิน (Emergency Exposure) : เป็นการรับสัมผัสที่อยู่นอกเหนือการควบคุม มักเกิดขึ้นอย่างกะทันหัน โดยผู้สัมผัส (ทั้งผู้ปฏิบัติงานและประชาชน) อาจได้รับรังสีปริมาณสูงในระยะเวลาสั้น ซึ่งเป็นความเสี่ยงหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสุขภาพแบบกำหนดได้ (Deterministic effects) และเป็นบริบทสำคัญที่ต้องอาศัยแนวทางการเฝ้าระวังสุขภาพระยะยาวที่แตกต่างจากภาวะปกติ

5. ผลกระทบทางสุขภาพ

ผลกระทบทางสุขภาพจากรังสีก่อไอออนแบ่งเป็น 3 ด้านหลัก ได้แก่

5.1 ผลกระทบแบบกำหนดได้ (Deterministic effects) : เป็นผลกระทบที่มีค่าขีดเริ่ม (Threshold) ความรุนแรงของโรคจะแปรผันตามปริมาณรังสีที่ได้รับ เช่น แผลไหม้จากรังสี และกลุ่มอาการรังสีปริมาณสูงแบบเฉียบพลัน (Acute Radiation Syndrome: ARS)⁽¹⁵⁾

5.2 ผลกระทบแบบสุ่ม (Stochastic effects) : เป็นผลกระทบที่ไม่มีค่าขีดเริ่ม โอกาสเกิดโรคแปรผันตามปริมาณรังสี ได้แก่ โรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว⁽¹⁶⁾ มะเร็งต่อมไทรอยด์⁽¹⁷⁾ มะเร็งเต้านม⁽¹⁸⁾ และมะเร็งปอดที่ความเสี่ยงจะเพิ่มทวีคูณหากสูบบุหรี่ร่วมด้วย^(19,20)

5.3 ผลกระทบทางจิตสังคม (Psychosocial effects) : ความตื่นตระหนก ความวิตกกังวลต่อรังสี (Radiophobia) และภาวะป่วยทางจิตจากเหตุการณ์รุนแรง (Post-traumatic stress disorder: PTSD) ซึ่งมักส่งผลกระทบกว้างขวางกว่ารังสีโดยตรง⁽²¹⁾

6. แนวทางการประเมินความเสี่ยง

การประเมินความเสี่ยงทางรังสีแบ่งออกเป็น 2 บริบทหลักตามสถานการณ์ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุดต่อผู้ปฏิบัติงานและประชาชน ดังนี้

6.1 การประเมินในกรณีปกติ (Routine assessment) : มุ่งเน้นการควบคุมการได้รับรังสีภายใต้หลักการ “ต่ำที่สุดเท่าที่ทำได้อย่างสมเหตุสมผล” (As Low As Reasonably Achievable: ALARA) โดยกำหนดค่าขีดจำกัดปริมาณรังสีที่ชัดเจนสำหรับผู้ปฏิบัติงานรังสีทั่วไปไม่เกิน 20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี (เฉลี่ยในช่วง 5 ปี) ขณะที่อวัยวะเฉพาะส่วน เช่น เลนส์ตาและผิวหนัง กำหนดค่าขีดจำกัดที่สูงกว่า (150 และ 500 มิลลิซีเวิร์ต ตามลำดับ) ในทางปฏิบัติ จะมีการกำหนดเขตพื้นที่ควบคุม การใช้อุปกรณ์วัดรังสีประจำบุคคล (Personal dosimeter) และการติดตามปริมาณรังสีอย่างต่อเนื่อง หากตรวจพบว่าการได้รับรังสีเกินเกณฑ์ที่กำหนด จำเป็นต้องมีการเฝ้าระวังทางสุขภาพโดยแพทย์อาชีวเวชศาสตร์เพื่อประเมินความพร้อมทางร่างกาย ผลกระทบต่อสุขภาพจากการได้รับรังสี รวมถึงภาวะทางจิตใจที่อาจเกี่ยวข้อง⁽²²⁾

6.2 การประเมินในกรณีฉุกเฉิน (Emergency assessment) : เป้าหมายของการประเมินจะเปลี่ยนจากการควบคุมปริมาณรังสีให้อยู่ในระดับต่ำที่สุด ไปเป็นการรักษาชีวิตและการลดความสูญเสียจากเหตุการณ์รังสีเป็นสำคัญ กระบวนการประเมินเริ่มจากการประเมินขนาดรังสีเบื้องต้น (Early dose estimation) ซึ่งเน้นความรวดเร็ว โดยอาศัยหลักระยะเวลา เวลา และการประเมินทางคลินิก เช่น ระยะเวลาการเริ่มอาเจียน หรือการลดลงของเม็ดเลือดขาว (Absolute lymphocyte count: ALC) เพื่อใช้ในการคัดแยกผู้ป่วย ภายหลังจึงดำเนินการยืนยันผลด้วยการประเมินทางชีววิทยารังสี (Biodosimetry) สำหรับการจัดการผู้ที่ได้รับรังสีเกินขนาด จะมีการจัดระดับการดูแลตั้งแต่การให้คำปรึกษา การติดตามตัวชีวิตทางชีวภาพ การเฝ้าระวังอาการทางคลินิก ไปจนถึงการส่งต่อไปยังศูนย์รักษาเฉพาะทางในรายที่มีอาการรุนแรง

ทั้งนี้ ควรมีการประเมินการรับรู้ความเสี่ยงและผลกระทบทางจิตสังคมควบคู่กัน เพื่อเฝ้าระวังและลดผลกระทบทางจิตที่เกิดขึ้นในระยะยาว⁽²³⁾

7. มาตรการในการป้องกัน จัดการความเสี่ยง และการสื่อสารความเสี่ยง

การจัดการเหตุฉุกเฉินทางรังสีมีเป้าหมายหลักเพื่อยับยั้งผลกระทบเฉียบพลันและลดความเสี่ยงระยะยาว โดยแบ่งการดำเนินงานเป็น 2 ด้านหลัก ดังนี้

7.1 การเผชิญเหตุและป้องกันอันตรายทางกายภาพ (Emergency response and physical protection) : ในระยะเริ่มแรกผู้ปฏิบัติงานต้องรีบกำหนดพื้นที่ควบคุมตามระดับความรุนแรง (ตั้งแต่รัศมี 30 เมตรไปจนถึง 300 เมตรในกรณีเกิดเพลิงไหม้) พร้อมดำเนินมาตรการป้องกันเร่งด่วน เช่น การอพยพ การหลบในที่กำบัง และการชำระล้างการปนเปื้อน (Decontamination) สำหรับผู้ปฏิบัติงานต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล และควบคุมปริมาณรังสีสะสมไม่เกิน 50 mSv เว้นแต่ในการกักขังที่อาจขยายเพดานได้ถึง 500 mSv ตามความสมัครใจ ทั้งนี้ ในด้านการจัดการทางการแพทย์ต้องยึดหลักการคัดกรอง โดยให้ความสำคัญกับการรักษาอาการบาดเจ็บที่คุกคามต่อชีวิตเป็นอันดับแรกก่อนการจัดการด้านการปนเปื้อนรังสี⁽¹⁾

7.2 การสื่อสารความเสี่ยง (Risk communication) : เนื่องจากความตื่นตระหนกมักสร้างผลกระทบวงกว้างกว่าตัวรังสี การบริหารสถานการณ์จึงต้องจัดการข้อมูลเป็นเอกภาพผ่านศูนย์ข้อมูลข่าวสารสาธารณะ (Public Information Centre: PIC) เพียงแหล่งเดียว โดยยึดหลักการสื่อสารที่ “รวดเร็ว ถูกต้อง และเห็นอกเห็นใจ” ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ยอมรับความไม่แน่นอน และไม่สร้างความมั่นใจที่เกินจริง นอกจากนี้ต้องมีระบบจัดการกลุ่ม “Worried-Well” หรือผู้ที่กังวลเกินกว่าเหตุแต่ไม่ได้สัมผัสรังสีจริง โดยจัดตั้งจุดคัดกรองและสายด่วนแยกเฉพาะ เพื่อให้การปฐมพยาบาลทางจิตใจและป้องกันภาวะกลัวรังสี (Radiophobia) ไม่ให้ส่งผลกระทบต่อระบบสาธารณสุขหลัก⁽²⁴⁾

8. แนวทางการเฝ้าระวังสุขภาพ

การเฝ้าระวังสุขภาพจากอุบัติเหตุฉุกเฉินทางรังสีมุ่งเน้นไปที่การติดตามผลกระทบระยะยาวสำหรับประชากรกลุ่มเสี่ยง (ทั้งผู้ปฏิบัติงานเผชิญเหตุและประชาชนทั่วไป) ที่ได้รับปริมาณรังสีเกินเกณฑ์มาตรฐานเพื่อเฝ้าระวังผลกระทบแบบสุ่ม (เช่น โรคมะเร็ง) และผลกระทบแบบกำหนดได้ที่อาจเกิดขึ้นในระยะยาว (เช่น ต้อกระจก) จากการทบทวนวรรณกรรม พบแนวทางที่สำคัญพร้อมข้อดีและข้อจำกัด ดังนี้:

8.1 มาตรฐานสากลทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency)⁽¹⁾

แนวทาง : กำหนดให้การเฝ้าระวังสุขภาพระยะยาวในภาวะฉุกเฉินเริ่มต้นเมื่อบุคคล หรือทารกในครรภ์ ได้รับปริมาณรังสีังผลสะสมเกินกว่า 100 mSv ภายในระยะเวลา 1 เดือน โดยเน้นการจัดทำระบบทะเบียนผู้สัมผัสรังสี และการให้คำปรึกษาเพื่อลดผลกระทบทางจิตใจ

ข้อดี : เป็นกรอบมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับระดับสากล มีความยืดหยุ่นสูง เหมาะสำหรับการวางนโยบายภาพรวมระดับชาติ

ข้อจำกัด : ขาดรายละเอียดเชิงปฏิบัติที่แน่ชัดว่าแพทย์ควรใช้เครื่องมือใดในการตรวจติดตามอวัยวะใดเป็นการเฉพาะ

8.2 มาตรฐานอาชีพอนามัยแห่งสาธารณรัฐประชาชนจีน (Guojia Zhiye Weisheng Biaozhun)⁽²⁵⁾

แนวทาง : กำหนดระเบียบวิธีตรวจทางคลินิกที่มีความจำเพาะเจาะจงต่ออวัยวะเป้าหมาย เช่น การตรวจเลนส์ตาด้วย Slit lamp microscope เมื่อได้รับรังสีตั้งแต่ 1 Gy ขึ้นไป⁽²⁶⁾ การตรวจการทำงานของต่อมไทรอยด์ (Thyroid function test) เมื่อได้รับรังสีตั้งแต่ 10 Gy ขึ้นไป⁽²⁷⁾ และการตรวจวิเคราะห์น้ำอสุจิจากระบบสืบพันธุ์ได้รับปริมาณรังสีสูง⁽²⁸⁾

ข้อดี : มีความละเอียดสูง นำไปใช้ปฏิบัติงานทางคลินิกได้จริง มุ่งเน้นพยาธิสภาพที่สอดคล้องกับกลไกการได้รับรังสีโดยตรง

ข้อจำกัด : เป็นแนวทางที่แข็งแกร่ง ต้องอาศัยทรัพยากรทางการแพทย์และห้องปฏิบัติการเฉพาะทางที่มีความพร้อมสูง

8.3 แนวทางการเตรียมความพร้อมรองรับอุบัติภัยฉุกเฉินจากรังสี กรมควบคุมโรค⁽⁵⁾

แนวทาง : กำหนดเกณฑ์การเข้าสู่ระบบเฝ้าระวังระยะยาวสำหรับประชากรกลุ่มเสี่ยงที่ได้รับรังสีสะสมตั้งแต่ 0.2 Gy (200 mSv) ขึ้นไป โดยใช้รายการตรวจสุขภาพพื้นฐานที่ครอบคลุม เช่น ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (Complete blood count: CBC) การตรวจวิเคราะห์ปัสสาวะ (Urinalysis: UA) เอกซเรย์ปอด (Chest X-ray: CXR) คลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiogram: EKG) ค่าน้ำตาลในเลือด (Fasting blood sugar: FBS) และระดับไขมันในเลือด (Lipid Profile) รวมถึงมีการระบุช่วงอายุที่เริ่มตรวจคัดกรองมะเร็งอย่างชัดเจน (เช่น มะเร็งเต้านม)

ข้อดี : รายการตรวจสุขภาพมีความครอบคลุม ในบริบทของโรงพยาบาลทั่วไปในประเทศไทย สามารถบูรณาการเข้ากับระบบบริการตรวจสุขภาพประจำปีได้ทันทีโดยไม่ต้องพึ่งพาเครื่องมือพิเศษ

ข้อจำกัด : แม้รายการตรวจสุขภาพเบื้องต้นจะครอบคลุมการประเมินสุขภาพโดยรวม แต่อาจพิจารณาเพิ่มการตรวจที่จำเพาะเจาะจงต่อผลกระทบทางสุขภาพจากรังสีโดยตรงในอนาคต เพื่อยกระดับความแม่นยำของการเฝ้าระวัง นอกจากนี้ หากในระยะต่อไปมีการพิจารณาปรับเกณฑ์การเข้าสู่ระบบเฝ้าระวังให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากลปัจจุบันที่ระดับ 100 mSv (จากเดิม 200 mSv) จะช่วยขยายขอบเขตการดูแลผู้สัมผัสรังสีให้ครอบคลุมการติดตามผลกระทบระยะยาวได้อย่างสมบูรณ์แบบและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วิจารณ์

การเปรียบเทียบมาตรฐานและพัฒนาการของกฎหมายไทย

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบแนวทางระดับสากลจะพบว่ามาตรฐานของ IAEA มีจุดเด่นในการวางกรอบ

นโยบายภาพรวมที่ยืดหยุ่น โดยใช้เกณฑ์ปริมาณรังสียังผล 100 mSv เป็นจุดตัดในการนำผู้ป่วยเข้าสู่ระบบเฝ้าระวังระยะยาว แต่มีข้อจำกัดคือขาดรายละเอียดเชิงปฏิบัติทางคลินิก ในขณะที่มาตรฐาน GBZ ของประเทศจีน มีความโดดเด่นในการระบุรายละเอียดการตรวจติดตามที่จำเพาะต่ออวัยวะเป้าหมาย อย่างชัดเจน เช่น การตรวจเลนส์ตาและต่อมไทรอยด์ ซึ่งช่วยอุดช่องโหว่ของ IAEA ได้เป็นอย่างดี

สำหรับแนวทางของประเทศไทย (พ.ศ. 2558) มีจุดเด่นด้านความเหมาะสมในการนำไปปฏิบัติจริงในบริบทของโรงพยาบาลทั่วไป เนื่องจากสามารถบูรณาการเข้ากับการตรวจสุขภาพพื้นฐานได้อย่างกลมกลืน อย่างไรก็ตาม ในแง่ของการเฝ้าระวังผลกระทบจากรังสีโดยตรง การใช้เพียงตัวชี้วัดสุขภาพทั่วไป เช่น การตรวจระดับน้ำตาล (FBS) และระดับไขมันในเลือด (Lipid profile) อาจมีความจำเพาะต่อพยาธิสภาพที่เกิดจากรังสีค่อนข้างจำกัด ดังนั้น เพื่อยกระดับการเฝ้าระวังให้มีประสิทธิภาพและสะท้อนความผิดปกติทางชีวภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผู้เขียนจึงมีข้อเสนอแนะให้ บูรณาการมาตรฐานทั้งสามเข้าด้วยกัน ซึ่งจะช่วยให้การติดตามสุขภาพมีความจำเพาะเจาะจง ส่งผลให้การบริหารจัดการทรัพยากรทางการแพทย์เกิดความคุ้มค่าและตรงประเด็นสูงสุด

นอกจากนี้ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2568 ที่ให้การรับรองโรคจากรังสีก่อไอออนเป็นโรคจากการประกอบอาชีพ⁽⁶⁾ และโรคจากสิ่งแวดล้อม⁽⁷⁾ ถือเป็นก้าวสำคัญเชิงนโยบาย อย่างไรก็ตาม ยังขาดแนวทางเชิงปฏิบัติการรองรับในระดับบริการสุขภาพ การประยุกต์ใช้แนวทางเชิงคลินิกแบบจำเพาะอวัยวะของ GBZ จึงมีศักยภาพในการเติมเต็มช่องว่างดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม

ข้อพึงระวังและข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้ในประเทศไทย

แม้แนวทางการเฝ้าระวังสุขภาพแบบจำเพาะอวัยวะจะมีความแม่นยำทางคลินิกสูง แต่การนำมาประยุกต์ใช้ในบริบทของประเทศไทยจำเป็นต้องคำนึงถึง

ข้อจำกัดด้านทรัพยากร โดยเฉพาะจำนวนห้องปฏิบัติการชีววัดปริมาณรังสี (Bio dosimetry laboratory) และสถาบันเฉพาะทางที่ยังมีอยู่อย่างจำกัดในระบบบริการสุขภาพของประเทศ ด้วยเหตุนี้ จึงเสนอให้พัฒนาระบบเฝ้าระวังสุขภาพแบบสองระดับ (Tiered approach) ที่ใช้หลักการ “การส่งต่อแบบคัดเลือกตามความจำเป็นทางคลินิก” เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร โดยกำหนดให้โรงพยาบาลทั่วไปทำหน้าที่เป็นด่านคัดกรองและติดตามผู้สัมผัสรังสีส่วนใหญ่ในระยะแรก อาศัยการประเมินจากประวัติการได้รับรังสี อาการและอาการแสดงทางคลินิก รวมถึงการตรวจพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

ในกรณีที่ผู้ป่วยมีประวัติได้รับรังสีในระดับสูง และมีอาการทางคลินิกที่สอดคล้องกับผลกระทบจากรังสีอย่างชัดเจน สามารถดำเนินการติดตามสุขภาพระยะยาวแบบจำเพาะอวัยวะในระดับโรงพยาบาลทั่วไปได้โดยไม่ต้องส่งต่อ หากไม่มีประเด็นความไม่แน่นอนในการวินิจฉัยหรือการวางแผนการรักษา การส่งต่อไปยังโรงพยาบาลศูนย์หรือสถาบันเฉพาะทางควรพิจารณาเฉพาะในกรณีที่มีความจำเป็น ได้แก่ กรณีที่ไม่สามารถประเมินปริมาณรังสีที่ได้รับได้อย่างแน่ชัด กรณีที่ข้อมูลทางคลินิกและผลการตรวจไม่สอดคล้องกัน กรณีที่จำเป็นต้องใช้การตรวจทางชีววัดปริมาณรังสีเพื่อยืนยันการได้รับรังสี หรือกรณีที่มีภาวะแทรกซ้อนซึ่งต้องอาศัยการดูแลเฉพาะทาง รวมถึงกลุ่มเปราะบาง เช่น หญิงตั้งครรภ์และเด็กที่ต้องการการประเมินเชิงลึกเป็นพิเศษ แนวทางแบบสองระดับดังกล่าวจะช่วยลดการส่งต่อที่ไม่จำเป็น กระจายภาระงานในระบบบริการสุขภาพได้อย่างเหมาะสม และยังคงรักษาความแม่นยำในการวินิจฉัยและติดตามสุขภาพของผู้ได้รับผลกระทบจากรังสีในกลุ่มเสี่ยงสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อจำกัดของการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมเชิงบูรณาการ (Integrative review) ซึ่งเป็นการสังเคราะห์เชิงทฤษฎี ยังไม่ได้รับการประเมินประสิทธิผลในสถานการณ์จริงของประเทศไทย นอกจากนี้ ยังไม่ได้ประเมินความคุ้มค่า

ทางเศรษฐศาสตร์สาธารณสุขของระบบเฝ้าระวังที่เสนอ จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

แนวทางการเฝ้าระวังสุขภาพสำหรับประเทศไทย

จากการสังเคราะห์มาตรฐานสากล (IAEA) และมาตรฐานอาชีพอนามัยของจีน (GBZ) ผู้นิพนธ์ขอเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ระบบเฝ้าระวังสุขภาพในบริบทของประเทศไทย โดยจำแนกตามกลุ่มเป้าหมายดังนี้

ผู้ปฏิบัติงานเผชิญเหตุ : เน้นมาตรการครอบคลุมทั้งระยะก่อน ระหว่าง และหลังปฏิบัติงาน เริ่มจากการตรวจประเมินความพร้อมทางการแพทย์ก่อนเข้าพื้นที่ และบังคับใช้เครื่องวัดรังสีประจำตัว หากพบว่าได้รับปริมาณรังสียังผลสูงกว่า 200 mSv จะต้องหยุดปฏิบัติงานชั่วคราวเพื่อพบแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ และในระยะยาว หากได้รับรังสีเกิน 100 mSv ภายใน 1 เดือน จะต้องลงทะเบียนเข้าสู่ระบบติดตามสุขภาพระยะยาวจำเพาะอวัยวะ

ประชาชนทั่วไป : มุ่งเน้นการคัดกรองเพื่อจำแนกผู้ได้รับผลกระทบจริงออกจากกลุ่มวิตกกังวล ในระยะฉุกเฉินจะใช้เกณฑ์อาการทางคลินิกและประวัติการอยู่ในพื้นที่ และพิจารณาส่งต่อไปยังสถาบันเฉพาะทางเฉพาะในกรณีที่มีความไม่แน่นอนทางการวินิจฉัยหรือจำเป็นต้องใช้การตรวจขั้นสูง เช่น Bio dosimetry หรือการประเมินอวัยวะเป้าหมายเชิงลึก เมื่อประชาชนได้รับรังสียังผลเกิน 100 mSv ใน 1 เดือน หรือทารกในครรภ์ได้รับรังสีสมมูลเกิน 100 mSv ตลอดการตั้งครรภ์จะต้องลงทะเบียนเข้าสู่ระบบติดตามสุขภาพระยะยาวจำเพาะอวัยวะ

แนวทางการเฝ้าระวังสุขภาพระยะยาวจำเพาะอวัยวะ

ผู้ที่มีประวัติได้รับรังสียังผลมากกว่า 100 mSv ควรได้รับการตรวจติดตามอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง หรือตามดุลยพินิจของแพทย์ โดยมีรายละเอียดจำเพาะดังนี้

1. ระบบดวงตา : ตรวจด้วยกล้อง Slit lamp microscope เพื่อเฝ้าระวังโรคต้อกระจก (เกณฑ์เริ่มเฝ้า

ระวัง: เลนส์ตาได้รับรังสีสมมูล ≥ 1 Gy)

2. ระบบต่อมไทรอยด์ : ตรวจการทำงานของต่อมไทรอยด์ (Thyroid function test) เพื่อประเมินภาวะทำงานผิดปกติ (เกณฑ์เริ่มเฝ้าระวัง : ต่อมไทรอยด์ได้รับรังสีสมมูล ≥ 10 Gy)

3. ระบบสืบพันธุ์ : ตรวจระดับฮอร์โมน Follicle stimulating hormone (FSH), Luteinizing hormone (LH), Testosterone และ Estrogen เฝ้าระวังภาวะมีบุตรยาก (เกณฑ์เริ่มเฝ้าระวัง : รังไข่ได้รับรังสีสมมูล ≥ 3.5 Gy และอวัยวะได้รับรังสีสมมูล ≥ 2.5 Gy)

4. ระบบเลือด : ตรวจความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (CBC) และอาจพิจารณาเจาะไขกระดูกหากมีข้อบ่งชี้เพื่อเฝ้าระวังไขกระดูกฝ่อและมะเร็งเม็ดเลือดขาว (ไม่มีเกณฑ์ขั้นต่ำ เนื่องจากเป็นผลแบบสุ่ม)

5. การคัดกรองมะเร็ง : ดำเนินการคัดกรองตามมาตรฐานทางคลินิกช่วงอายุ ยึดตามแนวทางการตรวจสุขภาพที่จำเป็นสำหรับประชาชน พ.ศ. 2565 (ไม่มีเกณฑ์ขั้นต่ำ เนื่องจากเป็นผลแบบสุ่ม)

6. สุขภาพจิต : ใช้แบบประเมินทางจิตวิทยาเพื่อวัดระดับความเครียด ภาวะซึมเศร้า และภาวะป่วยทางจิตจากเหตุการณ์รุนแรง (PTSD) (เกณฑ์เริ่มเฝ้าระวัง : ได้รับรังสียั้งผล >100 mSv)

สรุป

การเฝ้าระวังสุขภาพจากอุบัติเหตุฉุกเฉินทางรังสีในประเทศไทยจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนจากแนวทางการตรวจสุขภาพทั่วไปที่ไม่จำเพาะเจาะจง ไปสู่ระบบการติดตามสุขภาพที่มุ่งเน้นอวัยวะเป้าหมายอย่างเป็นระบบ โดยอาศัยการบูรณาการกรอบมาตรฐานสากลของ IAEA ร่วมกับแนวทางเชิงปฏิบัติที่มีความจำเพาะของมาตรฐาน GBZ และการจัดระบบบริการแบบสองระดับที่ใช้การส่งต่อแบบคัดเลือกรตามความจำเป็น

แนวทางดังกล่าวไม่เพียงช่วยเพิ่มความแม่นยำในการวินิจฉัยและติดตามผลกระทบจากรังสีในระยะยาว แต่ยังช่วยให้ระบบบริการสุขภาพสามารถบริหารจัดการทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างความ

เชื่อมั่นของประชาชนผ่านการสื่อสารความเสี่ยงที่เหมาะสม อันจะนำไปสู่ความมั่นคงทางสาธารณสุขของประเทศต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. International Atomic Energy Agency (AT). Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency [Internet]. Vienna: IAEA; 2015 [cited 2025 Dec 21]. p. Available from: <https://www.iaea.org/publications/10905/preparedness-and-response-for-a-nuclear-or-radiological-emergency>
2. Coeytaux K, Bey E, Christensen D, Glassman ES, Murdock B, Doucet C. Reported Radiation Overexposure Accidents Worldwide, 1980–2013: A Systematic Review. PLoS One [Internet]. 2015 [cited 2025 Dec 21];10(3):e0118709. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0118709>
3. International Atomic Energy Agency (AT). The radiological accident in Samut Prakarn [Internet]. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2002 [cited 2026 Feb 20]. p. Available from: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1124_scr.pdf
4. Ng KH. Another loss of radioactive material in Thailand highlights the need for effective risk communication. ASEAN J Radiol [Internet]. 2023 [cited 2026 Feb 20];24(1):24–31. Available from: <https://www.asean-journal-radiology.org/index.php/ajr/article/view/458>
5. Department of Disease Control (TH) BoOEDT. Guidelines for Radiation Emergency Preparedness and Response [Internet]. Nonthaburi: Agricultural Co-operative Federation of

- Thailand. Ltd; 2015 [cited 2026 Feb 20]. p. Available from: <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1304020220821162210.pdf>
6. Ministry of Public Health (TH). Notification of the Ministry of Public Health Re: Names or Important Symptoms of Occupational Diseases B.E. 2568. 2025. p. 8–11.
 7. Ministry of Public Health (TH). Notification of the Ministry of Public Health Re: Names or Important Symptoms of Environmental Diseases B.E. 2568. 2025. p. 12–4.
 8. World Health Organization (CH). Radiation Geneva: World Health Organization; 2026 [cited 2026 Feb 20. Available from: https://www.who.int/health-topics/radiation#tab=tab_2.
 9. Nuclear Society of Thailand (TH). Radiation: Quantities and Units Bangkok: Nuclear Society of Thailand; 2024 [cited 2026 Feb 20. Available from: <https://nst.or.th/academics/%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%AA%E0%B8%B5-%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%93%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B9%88%E0%B8%A7%E0%B8%A2%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%94/>.
 10. Gusev IA, Guskova AK, Mettler Jr FA. Medical Management of Radiation Accidents [Internet]. Boca Raton: CRC Press; 2001 [cited 2025 Dec 21]. Available from: <https://www.routledge.com/Medical-Management-of-Radiation-Accidents/Gusev-Guskova-Mettler-Jr/p/book/9780849370045>
 11. International Atomic Energy Agency (AT). Cytogenetic Dosimetry: Applications in Preparedness for and Response to Radiation Emergencies [Internet]. Vienna: IAEA; 2011 [cited 2025 Dec 21]. Available from: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/EPR-Biodosimetry%202011_web.pdf
 12. Romanyukha A, Tromprier F, Leblanc B, Calas C, Clairand I, Mitchell CA. EPR dosimetry in chemically treated fingernails. *Radiat Meas* [Internet]. 2007 [cited 2025 Dec 21];42(6–7):1110–3. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2156647/>
 13. International Atomic Energy Agency (AT). Medical Management of Radiation Injuries [Internet]. Vienna: IAEA; 2020 [cited 2025 Dec 21]. Available from: <https://www.iaea.org/publications/12370/medical-management-of-radiation-injuries>
 14. International Commission on Radiological Protection (ICRP). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection [Internet]. 2007 [cited 2026 Feb 20]. Available from: [https://www.icrp.org/docs/icrp_publication_103-annals_of_the_icrp_37\(2-4\)-free_extract.pdf](https://www.icrp.org/docs/icrp_publication_103-annals_of_the_icrp_37(2-4)-free_extract.pdf)
 15. Mettler F, Voelz G. Major Radiation Exposure—What to Expect and How to Respond. *N Engl J Med* [Internet]. 2002 [cited 2025 Dec 21];346:1554–61. Available from: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJM-ra000365>
 16. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Effects of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2006 Report to the General Assembly with Scientific Annexes A and B, Volume I [Internet]. New York: United Nations; 2008 [cited 2025 Dec 21]. Available from: <https://www.unscear.org/>

- unscear/en/publications/2006_1.html
17. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (US). Sources and Effects of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes C, D and E, Volume II [Internet]. New York: United Nations; 2011 [cited 2025 Dec 21]. Available from: https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2008_2.html
 18. Ronckers CM, Erdmann CA, Land CE. Radiation and breast cancer: a review of current evidence. *Breast Cancer Res* [Internet]. 2004 [cited 2025 Dec 21];7(1):21. Available from: <https://breast-cancer-research.biomedcentral.com/articles/10.1186/bcr970>
 19. National Research Council (US). Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Phase 2 [Internet]. Washington, DC: The National Academies Press; 2006 [cited 2025 Dec 21]. Available from: https://www.philrutherford.com/Radiation_Risk/BEIR/BEIR_VII.pdf
 20. Pierce DA, Sharp GB, Mabuchi K. Joint effects of radiation and smoking on lung cancer risk among atomic bomb survivors. *Radiat Res* [Internet]. 2003 [cited 2025 Dec 21];159(4):511-20. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12643796/>
 21. Hasegawa A, Tanigawa K, Ohtsuru A, Yabe H, Maeda M, Shigemura J. Health effects of radiation and other health problems in the aftermath of nuclear accidents, with an emphasis on Fukushima. *Lancet* [Internet]. 2015 [cited 2025 Dec 21];386(9992):479-88. Available from: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(15\)61106-0/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(15)61106-0/fulltext)
 22. International Atomic Energy Agency (AT), International Labour Organisation (CH), World Health Organization (CH). Health surveillance of persons occupationally exposed to ionizing radiation: guidance for occupational physicians [Internet]. Vienna: International Atomic Energy Agency; 1998 [cited 2026 Feb 20]. Available from: <https://www.iaea.org/publications/5138/health-surveillance-of-persons-occupationally-exposed-to-ionizing-radiation-guidance-for-occupational-physicians>
 23. International Atomic Energy Agency (AT). Guidance for Medical Physicists Responding to a Nuclear or Radiological Emergency [Internet]. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2020 [cited 2026 Feb 20]. Available from: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/EPR-MEDPHY_web.pdf
 24. International Atomic Energy Agency (AT). Manual for First Responders to a Radiological Emergency [Internet]. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2006 [cited 2026 Feb 20]. Available from: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/EPR_FirstResponder_web.pdf
 25. National Health Commission of the People's Republic of China (CN). Health requirements and surveillance specifications for radiation worker (GBZ 98-2020) [Internet]. Beijing; 2020 [cited 2025 Dec 21]. Available from: https://www.nhc.gov.cn/fzs/c100048/202011/f9805f07f68243c7bf01a209d5b60133/files/1734000632069_56936.pdf
 26. National Health Commission of the People's Republic of China (CN). Diagnostic criteria for occupational radiation cataract (GBZ 95-2014)

[Internet]. Beijing; 2014 [cited 2025 Dec 21]. Available from: <https://nirp.chinacdc.cn/fsaqssjb/fswsfgbzsjb/bzsjb/gjzywsbzs-jb/202409/P020240919588457868024.pdf>

27. National Health Commission of the People's Republic of China (CN). Diagnosis for occupational radiation thyroid disease (GBZ 101-2020) [Internet]. Beijing; 2020 [cited 2025 Dec 21]. Available from: https://www.nhc.gov.cn/fzs/c100048/202011/f9805f07f68243c7b-f01a209d5b60133/files/1734000632489_39470.pdf

28. National Health Commission of the People's Republic of China (CN). Diagnosis for occupational radiation induced gonad disease (GBZ 107-2015) [Internet]. Beijing; 2015 [cited 2025 Dec 21]. Available from: <https://nirp.chinacdc.cn/fsaqssjb/fswsfgbzsjb/bzsjb/gjzywsbzs-jb/202409P020240919584559266171.pdf>