บทที่ 2

วิธีการป้องกันรังสีตามหลัก ICRP.

องค์ประกอบที่สำคัญในการพิจารณาการป้องกันรังสี

ในการพิจารณาการป้องกันรังสี จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบที่สำคัญที่จะต้องนำมาคำนวณเพื่อหาชนิดและความหนาของวัสดุที่จะใช้ป้องกันรวมทั้งการออกแบบแปลนห้องรังสีเอกซ์ด้วย เพื่อให้การป้องกันเพียงพอและพอเหมาะ องค์ประกอบเหล่านี้ได้แก่

2.1 ปริมาณรังสีสูงสุดที่ ICRP. กำหนดให้แต่ละบุคคลได้รับ

ICRP. กำหนดไว้ว่า บุคคลที่ทำงานด้านรังสี (Radiation Worker) ได้แก่ รังสีแพทย์ พนักงานถ่ายรังสีเอกซ์ พยาบาลประจำแผนกรังสีเอกซ์ นักวิทยาศาสตร์ที่ทำงานวิจัยเกี่ยวกับรังสี ฯลฯ จะได้รับรังสีได้ไม่เกิน 100 มิลลิเรมต่อสัปดาห์ เป็นค่าเฉลี่ย และบุคคลทั่ว ๆ ไปที่ไม่ได้ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสี (Non Radiation Worker) จะได้รับรังสีได้ไม่เกิน 10 มิลลิเรมต่อสัปดาห์ ฉะนั้นการกำหนดความหนาของวัสดุจะต้องให้ปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านมีค่าไม่เกินค่าทั้งสอง ดังกล่าว แล้วแต่กรณีว่าจะให้การป้องกันแก่บุคคลประเภทใด

2.2 อัตราการทำงานของเครื่อง (Workload)

ปริมาณรังสีที่สะสมใน 1 สัปดาห์ ณ ตำแหน่งที่ต้องการจะป้องกันมีส่วนที่ขึ้นกับการทำงานของเครื่องมาก ถ้าเครื่องถูกใช้งานหรือมีคนไข้ตลอดเวลา รังสีเอกซ์ถูกผลิตออกมาบ่อยครั้ง ปริมาณรังสี ณ ตำแหน่งนั้นก็จะมากด้วย อัตราการทำงานของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์วินิจฉัยโรค นิยมใช้เป็น มิลลิแอมป์-นาที ค่ามิลลิแอมป์ในที่นี้หมายถึงกระแสไฟฟ้าที่

เกิดขึ้นขณะที่อิเล็กตรอนวิ่งจากแคโทด ไปชนเป้าซึ่งเป็นแอโนด (Target) หรือที่เรียกว่า โฟกัส (Focus) ส่วนนาทีคือช่วงเวลาฉายรังสีเอกซ์ ผลคูณระหว่างค่าทั้งสอง ก็คืออัตราการทำงานนั่นเอง ICRP. ได้กำหนดค่าสูงสุดของอัตราการทำงานไว้ในปริมาณ 10,000 มิลลิแอมป์–นาที ต่อ สัปดาห์ แต่โดยปรกติแล้วเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ไม่สามารถทำงานได้สูงถึงขนาดนั้น เช่นถ้าเป็นการถ่ายภาพปอดจะต้องถ่ายถึง 6000 ครั้งต่อวัน สำหรับในประเทศไทย คนไข้ถ่ายรังสีเอกซ์ตามโรงพยาบาลใหญ่ ๆ มี ประมาณวันละ 100 คนหรือ 150 คนเป็นอย่างสูง และจากการสำรวจพบว่าอัตราการทำงานสูงสุดเฉลี่ยได้ 500 มิลลิแอมป์–นาทีต่อสัปดาห์ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยโดยปรกติเพียงประมาณ 150 มิลลิแอมป์–นาที ต่อสัปดาห์ แต่ถ้าเป็นโรงพยาบาลเล็ก ๆ หรือคลินิค ค่าเหล่านี้จะลดลงเหลือเพียงครึ่งเดียว

ในการพิจารณาประกอบการป้องกันเห็นสมควรจะใช้ค่า 1000 มิลลิแอมป์–นาที ต่อสัปดาห์ สำหรับห้องรังสีเอกซ์ที่มีคนไข้มาก และ 500 มิลลิแอมป์–นาทีต่อสัปดาห์สำหรับห้องรังสีเอกซ์ ที่มีคนไข้ไม่มากนัก การที่กำหนดค่าเกินความเป็นจริงถึง 2 เท่า ก็เพื่อให้การป้องกันอยู่ในขั้นปลอดภัยจริง ๆ และรวมไปถึงในอนาคตซึ่งอาจมีคนไข้สูงขึ้นเป็น 2 เท่า การป้องกันก็ยังเพียงพอ

2.3 ค่ากิโลโวลต์ที่ใช้ (Kilovoltage Setting)

ค่ากิโลโวลต์ก็คือค่าความต่างศักย์ที่ให้แก่ขั้วทั้ง 2 ของหลอดรังสีเอกซ์ ค่ากิโลโวลต์นี้เป็นตัวบอกถึงพลังงานสูงสุดของรังสีเอกซ์ที่จะถูกผลิตออกมา เช่นถ้าตั้งค่ากิโลโวลต์เป็น 100 รังสีเอกซ์ที่ถูกผลิตออกมาจะมีพลังงานสูงสุด 100 กิโลอิเล็คตรอนโวลต์ การดูดกลืนรังสีของรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานสูงย่อมน้อยกว่ารังสีเอกซ์ที่มีพลังงานต่ำกว่า ฉะนั้นการคำนวณห้องรังสีเอกซ์จะต้องพิจารณาถึงค่านี้ด้วย ICRP. ได้กำหนดให้ใช้ค่าสูงสุดของเครื่องเป็นหลัก แต่จากการสำรวจพบว่าไม่มีแห่งใดที่เคยใช้ค่าสูงสุดของเครื่องในการถ่ายรังสีเอกซ์ สาเหตุก็เพราะ

1. กระแสไฟที่จ่ายตามสายมีกำลังไฟไม่คงที่ บางครั้งตกลงเหลือเพียง 100 โวลต์ ทั้ง ๆ ที่ควรจะเป็น 220 โวลต์ จึงไม่สามารถตั้งกำลังสูงสุดเท่าที่เครื่องกำหนด

2. เครื่องรังสีเอกซ์ส่วนใหญ่เป็นเครื่องเก่า ประสิทธิภาพลดลง ไม่สามารถทำงานได้เต็มที่

3. เจ้าหน้าที่ไม่กล้าตั้งสูงสุดเพราะเกรงหลอดจะเสียง่าย

Laksana Jamsen et al[1] ได้กล่าวว่า ค่ากำลังสูงสุดที่ใช้ในประเทศไทยอยู่ในช่วง 80–90 กิโลโวลต์และแนะนำให้ใช้ค่า 85 เป็นกำลังสูงสุดในการคำนวณ แต่ในปัจจุบันมีเครื่องที่มีกำลังสูงสุดถึง 150 กิโลโวลต์ จึงเห็นสมควรว่าถ้าเป็นเครื่องที่มีกำลังสูงสุด 100 กิโลโวลต์ จะใช้ค่า 85 เป็นตัวคำนวณ แต่ถ้าเครื่องที่มีกำลังสูงสุด 150 กิโลโวลต์ จะใช้กำลัง 100 กิโลโวลต์ ในการคำนวณ

2.4 ทิศทางของลำรังสีปฐมภูมิ (Orientation of the Primary X-ray Beam)

ทิศทางของลำรังสีขณะฉายมีส่วนสำคัญในการพิจารณาว่า การป้องกันรังสีที่ตำแหน่งต่าง ๆ นั้น จะให้ป้องกันรังสีปฐมภูมิ (Primary X-ray Beam) คือลำรังสีที่พุ่งออกจากหลอดรังสีเอกซ์โดยตรง หรือจะให้ป้องกันเพียงแค่รังสีสะท้อนเท่านั้น เพื่อไม่ให้เกิดกรณีป้องกันมากเกินพอ (Over Protection) โดยปรกติแล้วห้องรังสีเอกซ์ส่วนใหญ่จะถ่ายรังสีเอกซ์ทุกชนิด เช่น ถ่ายปอด ช่องท้อง ศีรษะ แขนขา ที่เรียกว่า " All purpose " ในกรณีเช่นนี้ พบว่าส่วนมากเป็นการถ่ายปอด คือ หันหน้าหลอดรังสีเอกซ์เข้าหาผนังด้านใด

---

[1] Laksana Jamsen et al A Study of Secondary Radiation in Diagnostic X-ray Departments in Thailand and Its Implication in Material Protection Requiments The Thai Journal of Radiology, Volume 5, Number 2 1967.

ด้านหนึ่งให้ลำรังสีพุ่งไปสู่ผนังด้านนั้นในแนวระนาบ ฉะนั้นผนังด้านนั้นจะต้องคำนวณให้หนาพอที่จะป้องกันรังสีปฐมภูมิได้ การถ่ายปอดนี้จะมีถึง 80% ของการถ่ายชนิดอื่น ๆ การถ่ายช่องท้อง แขน ขา ศีรษะ ฯลฯ เป็นการถ่ายลงตรง ๆ บนเตียง แล้วให้ลำรังสีพุ่งจากด้านบนลงมาในแนวดิ่ง การป้องกันรังสีจึงพิจารณาป้องกันผนังด้านอื่น ๆ (ยกเว้น ด้านที่จะให้ถ่ายปอด) เพียงรังสีทุติยภูมิ (Secondary Radiation) เท่านั้น แต่ในขณะเดียวกัน จะต้องให้พื้นหนาเพียงพอจะกันรังสีปฐมภูมิได้สำหรับห้องรังสีเอกซ์ที่เป็นห้องเฉพาะ เช่น ห้อง ถ่ายปอด จะถ่ายเฉพาะปอดอย่างเดียว หรือถ่ายช่องท้องก็จะถ่ายเฉพาะช่องท้องอย่างเดียว การพิจารณาทิศทางของลำรังสีจะง่ายกว่าแต่มักเป็นโรงพยาบาลใหญ่ที่มีคนไข้มากเท่านั้น

2.5 รังสีที่รั่วจากเครื่อง (X-ray Tube Leakage)

โดยปรกติถึงแม้ว่าหลอดรังสีเอกซ์จะมีการป้องกันรังสีเพียงพอ คือ บริเวณอื่นที่นอกเหนือจากปากหลอดรังสีเอกซ์ จะมีตะกั่วหนาป้องกันมิดชิดที่เรียกว่า Tube Housing โดยการออกแบบของบริษัทผู้ผลิตก็ตาม รังสีบางส่วนอาจทะลุผ่านบริเวณดังกล่าวมาแล้วนี้ได้ ICRP. ได้กำหนดว่าปริมาณรังสีที่รั่วนี้ จะต้องไม่เกิน 100มิลลิเริงเกนซ์ ในเวลา 1 ชั่วโมง ที่ระยะ 1 เมตรจากหลอด จึงจะถือว่าปลอดภัยพอ เพื่อให้เป็นหน่วยที่เหมาะสมอาจแปลงมาใช้ค่า 0.56 มิลลิเริงเกนซ์ ต่อ มิลลิแอมป์-นาที ที่ระยะ 1 เมตรแทน (ในกรณีนี้ กำหนดค่าอัตราการทำงานสูงสุดของเครื่องเป็น 1000 มิลลิแอมป์-นาที Laksana Samsen et al[2] ได้พบว่าปริมาณรังสีที่รั่วจากเครื่องรังสีเอกซ์ในประเทศไทย เฉลี่ย 0.009 มิลลิเริงเกนซ์ ต่อ มิลลิแอมป์-นาที ที่ระยะ 1 เมตรจากหลอด และที่ค่า 80 กิโลโวลต์ เครื่องส่วนใหญ่มีรังสีรั่วน้อยมากจนไม่สามารถวัดได้ มีเพียง 2-3 เครื่องเท่านั้นที่รังสีรั่วมากแต่ก็ไม่

---

[2] ดูแหล่งที่แล้ว, หน้า 81

เกินค่าสูงสุดที่กำหนด Williamson[3] ได้รายงานตัวเลขที่ใกล้เคียงกันนี้สำหรับเครื่องรังสีเอกซ์ที่ตรวจที่ประเทศนิวซีแลนด์ และกล่าวว่าเป็นตัวเลขที่น้อยมากเมื่อเทียบกับรังสีสะท้อนจากคนไข้ จึงไม่จำเป็นต้องนำมาคำนวณการป้องกัน จึงสรุปว่าจะไม่พิจารณาค่านี้สำหรับประกอบการคำนวณห้องรังสีเอกซ์

2.6 <u>ออกคิวแปนซีแฟกเตอร์และยูสแฟกเตอร์ (Occupancy Factor and Use Factor)</u>

ออกคิวแปนซีแฟกเตอร์(T)หมายถึงโอกาส(Probability) ที่จะมีบุคคลปฏิบัติงานอยู่ในบริเวณที่จะพิจารณาการป้องกันในช่วงเวลาทำงานปรกติ ICRP. กำหนดค่า T ตามความเหมาะสมดังตารางที่ 2 –1

ยูสแฟกเตอร์ (u) คือ โอกาสที่บริเวณที่จะป้องกันได้รับรังสีปฐมภูมิโดยตรง ขณะมีการถ่ายรังสีเอกซ์ ICRP. ได้กำหนดไว้ดังตารางที่ 2–2

<u>วิธีการคำนวณการป้องกันรังสีโดย ICRP.</u>

ICRP.ได้แนะนำวิธีคำนวณการป้องกันโดยใช้สูตรเพื่อให้ง่ายและสะดวกแก่การคำนวณ

การป้องกันรังสีปฐมภูมินั้นสูตรที่ใช้คือ

$$B = \frac{Pd^2}{WUT} \qquad (2-1)$$

เมื่อ B เป็นปริมาณรังสีที่ระยะ 1 เมตร มีหน่วยเป็นเรินเกนซ์ต่อมิลลิแอมป์–นาทีต่อสัปดาห์ที่

---

[3]Williamson . . <u>Nine Year of Radiation Protection Surveys in New Zealand Dental Radiography</u> New Zealand Dental Journal, Volume 59 Number 275 January 1963, หน้า 3–12

ยอมให้ทะลุผ่านวัสดุกั้นรังสีออกมาได้ แล้วทำให้รังสีที่บุคคลได้รับไม่เกินค่าสูงสุดที่กำหนดโดย ICRP.

P เป็นปริมาณรังสีสูงสุดที่ ICRP. กำหนดมีค่าเป็น 0.1 เริ่งเกนซ์ต่อสัปดาห์ สำหรับผู้ที่ทำงานด้านรังสี และ 0.01 เริ่งเกนซ์ต่อสัปดาห์สำหรับผู้ที่ไม่ได้ทำงานด้านรังสีตามลำดับ

d เป็นระยะทางระหว่างหลอดรังสีเอกซ์ถึงตำแหน่งที่จะป้องกัน มีหน่วยเป็นเมตร

W เป็นอัตราการทำงานของเครื่องมีหน่วนเป็น มิลลิแอมป์—นาทีต่อสัปดาห์

U เป็นยูสแฟกเตอร์

T เป็นออกคิวแฟนซีแฟกเตอร์

สำหรับการป้องกันรังสีทุติยภูมิ หรือรังสีสะท้อนนั้นน้อยกว่ารังสีปฐมภูมิ เพราะปริมาณรังสีสะท้อนที่ระยะ 1 เมตร จากคนไข้ ในทิศทางที่ตั้งฉากกับรังสีปฐมภูมิมีเพียง 0.1% ของปริมาณรังสีปฐมภูมิตรงตำแหน่งคนไข้ซึ่งอยู่ห่างจากจุดโฟกัส 1 เมตร

ฉะนั้นถ้าระยะจากคนไข้ถึงโฟกัสเป็น 1 เมตร สูตรการคำนวณการป้องกันรังสีสะท้อนจะเป็น

$$0.001B_s = \frac{Pd^2}{WT} \qquad (2\text{-}2)$$

แต่โดยปรกติแล้วการถ่ายรังสีเอกซ์ไม่ได้ใช้ระยะจากโฟกัสถึงคนไข้เป็น 1 เมตร ฉะนั้นสูตร (2-2) จึงคลาดเคลื่อนจากความจริง การถ่ายรังสีเอกซ์แบบถ่ายลงนนเตียงโดยปรกติใช้ระยะ 76 ซม. ถ้าถ่ายปอดใช้ระยะ 160 ซม. Williamson[4] ได้แก้สูตรให้ถูกต้องโดยใช้กฎกำลัง

---

[4]Willia son B.D.P. Material Protection Design For Diagnostic X-ray Department. National Radiation Laboratory Publication T-23 1969, หน้า 21

สองผนัง และใช้สูตร

$$B_S = \frac{10^3 \, Pd^2}{1.7 \cdot T} \qquad (2-3)$$

สำหรับการถ่ายลงบนเตียง และ

$$B_S = \frac{10^3 \, Pd^2}{0.4 \cdot T} \qquad (2-4)$$

สำหรับการถ่ายปอด

ตารางที่ 2-1

ค่า T ณ บริเวณต่าง ๆ ที่จะพิจารณาป้องกันรังสี

T	สถานที่
1	เรียกว่าบริเวณควบคุม (Control Area) เป็นสถานที่ที่มีคนนั่งทำงานประจำตลอดวัน เช่น สำนักงาน ระเบียงหรือที่พักคนไข้ ซึ่งใหญ่พอจะมีโต๊ะทำงานเข้าไปตั้งได้ ห้องมืด ห้องซ่อมเครื่องมือ ห้องพักพยาบาล ห้องพักและรับแขกที่มีคนนั่งประจำ สนามเด็กเล่น และห้องที่ติดกับห้องรังสีเอกซ์
1/4	เป็นบริเวณที่มีคนเข้าไปอยู่ในบางเวลาไม่ตลอดวัน ได้แก่ ระเบียงแคบ ๆ ที่ไม่อาจตั้งโต๊ะทำงานได้ ห้องพักและรับแขกที่ไม่มีคนนั่งประจำ ห้องพักคนไข้ บริเวณจอดรถ
1/16	เป็นบริเวณที่เกือบไม่มีผู้ใดเข้าไปอยู่เลย ได้แก่ ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าคนไข้ ห้องน้ำ หางเดิน และถนน

ตารางที่ 2-2

ค่า ย ตามบริเวณต่าง ๆ ที่จะพิจารณาป้องกันรังสี

ย	บริเวณ
1	เป็นบริเวณที่ได้รับรังสีปฐมภูมิทุกครั้งที่มีการถ่ายรังสีเอกซ์ ได้แก่ พื้นห้อง (ยกเว้นเครื่องรังสีเอกซ์พื้น) ประตู ผนัง เพดาน ที่ถูกฉาบด้วยรังสีโดยตรงตลอดเวลา
1/4	เป็นบริเวณที่ได้รับรังสีปฐมภูมิเป็นบางครั้ง ได้แก่ ประตู ผนังห้องที่ไม่อยู่ในทิศทางของรังสีปฐมภูมิ พื้นห้องรังสีเอกซ์พื้น
1/16	เป็นบริเวณที่อาจได้รับรังสีปฐมภูมิบ้างหรือเกือบไม่ได้รับเลย ได้แก่ เพดานห้องที่ไม่มีการถ่ายรังสีเอกซ์ – ชนิดต้องให้ลำรังสีปฐมภูมิพุ่งขึ้นไปด้านบน