



แนวปฏิบัติ เพื่อความปลอดภัย ทางรังสี

RADIATION SAFETY GUIDELINES

ศูนย์บริหารความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม
(Center for Occupational Safety,
Health and Environment Management: COSHEM)

มหาวิทยาลัยมหิดล



แนวปฏิบัติ เพื่อความปลอดภัย ทางรังสี RADIATION SAFETY GUIDELINES

ศูนย์บริหารความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม
(Center for Occupational Safety,
Health and Environment Management: COSHEM)

มหาวิทยาลัยมหิดล

แนวปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางรังสี มหาวิทยาลัยมหิดล Mahidol University Radiation Safety Guidelines

พิมพ์ครั้งที่ 1 กุมภาพันธ์ 2555

จำนวน 100 เล่ม

ISBN: 978-974-11-1619-5

จัดทำโดย

คณะกรรมการความปลอดภัยทางรังสี มหาวิทยาลัยมหิดล

สุพัตรา แสงรุจิ	สุรัตน์ วินิจสร	วรชาติ สิริวราภรณ์
สมใจ แดงประเสริฐ	ศรินทร์ วิเศษสินธุ์	ชาญณรงค์ แสงหิรัญ
อภิชาติ นนท์ประเสริฐ	นงลักษณ์ เรืองวิเศษ	สุรัชย์ จันทร์ทิพย์
ประเสริฐ สกกุลศรีประเสริฐ	อำพลพรต วงศ์เปี่ยม	นवलเพ็ญ ดำรงกิจอุดม
พวงเพ็ญ ตั้งบุญดวงจิตร์	สมเกียรติ ห้วยจันทิก	

คณะบรรณาธิการ

สุพัตรา แสงรุจิ
วรชาติ สิริวราภรณ์
มานิชญ์ เหล็กดำรง
พัฒนา เอี่ยมกระสินธุ์
วรรณวิไล อุตรวีเชียร
อัษฎุณี วัชรมุสิก

โทรศัพท์: 0 2441 4400 ต่อ 1171 - 3

โทรสาร: 0 2441 9720

พิมพ์ที่: ทองสุขพรินทร์

คำนำ

มหาวิทยาลัยมหิดลเป็นสถานศึกษาที่มีการเรียนการสอน การวิจัย การบริการด้านวิชาการและสุขภาพ มีกิจกรรมที่มีความเสี่ยงจากสารเคมี สารรังสี ชีววัตถุ การยศาสตร์ รวมทั้งสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในการทำงาน เช่น แสงสว่าง ความร้อน เสียงดัง ฯลฯ มหาวิทยาลัยจึงได้ประกาศนโยบายด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2553 เพื่อสร้างระบบการบริหารความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมให้นักศึกษา บุคลากร ผู้มาปฏิบัติงานรวมทั้งผู้มารับบริการ และได้แต่งตั้งคณะกรรมการความปลอดภัยทางรังสี เพื่อทำหน้าที่อำนวยความสะดวกให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ปฏิบัติงานด้านรังสี ซึ่งคณะกรรมการดังกล่าว ได้จัดให้มีกิจกรรมฝึกอบรมด้านการใช้สารรังสีให้ถูกต้องและปลอดภัย นอกจากนี้ ยังได้จัดทำคู่มือ “แนวทางปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางรังสี มหาวิทยาลัยมหิดล” (Mahidol University Radiation Safety Guidelines) ขึ้น เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ปฏิบัติงานใช้อ้างอิงและปฏิบัติให้เหมาะสม

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า แนวทางปฏิบัติฯ ฉบับนี้จะมีส่วนช่วยในการวางแผนการปฏิบัติงาน ประเมินความเสี่ยง ควบคุมและป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นเพื่อความปลอดภัยทั้งต่อผู้ปฏิบัติงาน ผู้ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงและต่อสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการความปลอดภัยทางรังสี
มหาวิทยาลัยมหิดล 2555

สารบัญ

บทที่ 1	
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสี	1
.....	
บทที่ 2	
อันตรายจากผลของรังสี	6
.....	
บทที่ 3	
อุบัติเหตุทางรังสี	13
.....	
บทที่ 4	
ข้อปฏิบัติสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารกัมมันตรังสี	19
.....	
บทที่ 5	
สารกัมมันตรังสีชนิดปิดผนึก	28
.....	
บทที่ 6	
แนวปฏิบัติในการคัดแยกและเก็บรวบรวมกากกัมมันตรังสี	46
.....	

บทที่ 7

การป้องกันอันตรายจากรังสีของเครื่องกำเนิดรังสี ที่ใช้ในทางการแพทย์	56
---	----

บทที่ 8

เครื่องหมายสัญลักษณ์ทางรังสี	69
------------------------------	----

บทที่ 9

เครื่องวัดรังสีประจำบุคคล	71
---------------------------	----

เอกสารอ้างอิง	76
---------------	----

ภาคผนวกที่ 1

ค่าปริมาณรังสีที่ยอมรับได้ สำหรับผู้ปฏิบัติงานทางรังสีและบุคคลทั่วไป	79
---	----

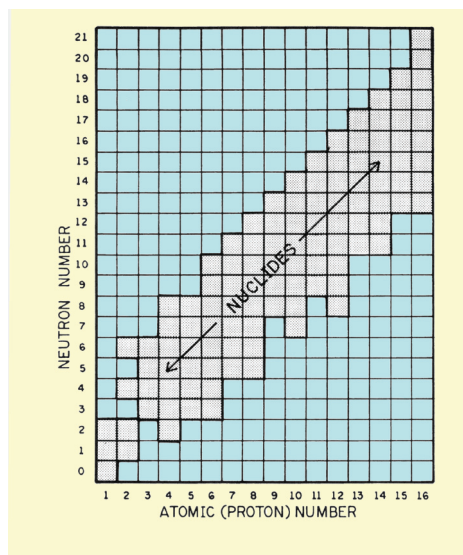
ภาคผนวกที่ 2

แบบฟอร์มขออนุญาตใช้สารกัมมันตรังสี มหาวิทยาลัยมหิดล	81
---	----

บทที่ 1

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสี

อะตอมเป็นหน่วยเล็กที่สุดของธาตุ อะตอมหนึ่ง ๆ ประกอบด้วยนิวเคลียส
รอบ ๆ นิวเคลียสมีอิเล็กตรอนวิ่งรอบ ภายในนิวเคลียสประกอบด้วยโปรตอน และ
นิวตรอนซึ่งรวมเรียกว่า atomic mass (A) จำนวนโปรตอนในนิวเคลียส เรียกว่า
atomic number (Z) ดังนั้นตามหลักการเขียนสัญลักษณ์ของธาตุจึงนิยมระบุค่า
atomic mass และ atomic number ไว้ด้านซ้ายมือบนและล่างของสัญลักษณ์
ของธาตุ เช่น ธาตุ X จะเขียนว่า A_ZX เป็นต้น ธาตุที่มีความเสถียรของนิวเคลียส
จะมีสัดส่วนของนิวตรอนต่อโปรตอนใกล้เคียง 1 (รูปที่ 1.1)



ภาพที่ 1.1 แสดงสัดส่วนของนิวตรอนต่อโปรตอนในนิวเคลียสของธาตุที่มีความเสถียร
(stable nuclides)

สารกัมมันตรังสี (radioisotope) คือธาตุที่มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน แต่มีจำนวนนิวตรอนต่างกัน การที่มีสัดส่วนของนิวตรอนต่อโปรตอนไม่เหมาะสมจะทำให้ธาตุนั้นไม่เสถียร (unstable) และสลายให้รังสีออกมา ธาตุจะมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนนิวตรอนหรือโปรตอนที่มีมากเกินไปเพื่อให้นิวเคลียสกลับสู่สภาพเสถียร การเปลี่ยนแปลงนั้นเกิดขึ้นได้หลายวิธี ในกรณีที่ธาตุมีสัดส่วนของนิวตรอนต่อโปรตอนสูงเกินไป จำนวนนิวตรอนจะถูกเปลี่ยนเป็นโปรตอนแล้วมีการปล่อยอนุภาคบีตาที่มีประจุลบ (β^- หรืออิเล็กตรอน) ออกมา หากสัดส่วนของนิวตรอนต่อโปรตอนในนิวเคลียสของธาตุต่ำ การเปลี่ยนแปลงเพื่อให้ธาตุมีความเสถียรสามารถเกิดขึ้นได้ 2 วิธีคือ 1) เปลี่ยนแปลงโปรตอนให้เป็นนิวตรอนพร้อมกับปล่อยอนุภาคบีตาชนิดประจุบวก (β^+ หรือโพสิตรอน) หรือ 2) ดึงอิเล็กตรอนมารวมกับโปรตอน เพื่อเปลี่ยนให้เป็นนิวตรอน หรือเรียกขบวนการนี้ว่า electron capture

สารกัมมันตรังสีที่มีความสำคัญและนิยมใช้ในงานวิจัยชีวภาพส่วนใหญ่จะเป็นสารที่ให้อนุภาคบีตา (β^- หรืออิเล็กตรอน) หรือให้รังสีแกมมา (γ หรือโฟตอน) ส่วนสารกัมมันตรังสีที่ให้อนุภาคแอลฟา (α) มักไม่นิยมใช้ อนุภาคแอลฟาเป็นนิวเคลียสของฮีเลียมที่สลายมาจากธาตุที่มี atomic number สูง ๆ เป็นอนุภาคที่ตรวจสอบติดตามลำบาก มีอำนาจทะลุทะลวงต่ำ อีกทั้งสารกัมมันตรังสีที่ให้อนุภาค α มีไม่กี่ชนิด ตารางที่ 1.1 แสดงชนิดและคุณสมบัติของสารกัมมันตรังสีที่นิยมใช้เป็นประจำในงานวิจัยชีวภาพ

ตารางที่ 1.1 ชนิดและคุณสมบัติของสารกัมมันตรังสีที่ใช้ในงานวิจัยชีวภาพ

สารกัมมันตรังสี (Isotope)	ชนิดของรังสี (Radiation emitted)	พลังงานสูงสุด (E_{max} , MeV)	ครึ่งชีวิต (Half-life)
^3H	β^-	0.018	12.3 ปี
^{14}C	β^-	0.155	5,568 ปี
^{24}Na	β^- γ	1.39 1.7, 2.75	14.97 ชั่วโมง
^{32}P	β^-	1.71	14.2 วัน
^{35}S	β^-	0.167	87 วัน
^{40}K	β^-	1.33, 1.46	1.25×10^9 ปี
^{45}Ca	β^-	0.254	164 วัน
^{131}I	β^- γ	0.335, 0.608 0.284, 0.364, 0.637	8.1 วัน

อนุภาคบีตา (β particles) เป็นอนุภาคที่ถูกปลดปล่อยออกจากนิวเคลียสของอะตอมสารกัมมันตรังสี อาจมีประจุบวก (β^+ , positron) หรือมีประจุลบ (β^- , electron) ก็ได้ แล้วแต่ชนิดของสารกัมมันตรังสี อนุภาคบีตามีคุณสมบัติที่ให้พลังงานแบบต่อเนื่อง (continuous energy spectrum) กล่าวคือ จะมีช่วงพลังงานตั้งแต่ต่ำจนถึงสูงสุด (maximum energy) พลังงานสูงสุดนี้เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของสารกัมมันตรังสีแต่ละชนิด โดยทั่วไปแล้วพลังงานเฉลี่ย (mean

energy; E_{mean}) สำหรับอนุภาคบีตาที่เป็นลบ (β^- หรือ electron) จะอยู่ประมาณ 0.3 ของพลังงานสูงสุด (E_{max}) และ สำหรับอนุภาคบีตาที่เป็นบวก (β^+ หรือ positrons) จะอยู่ประมาณ 0.4 ของพลังงานสูงสุด อนุภาคบีตาที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะสูญเสียพลังงานเมื่อไปกระทบกับอิเล็กตรอนในวงโคจร (orbital electrons) ของอะตอมข้างเคียง ทำให้เกิดขบวนการ ionization และ excitation ขึ้น นอกจากนี้หากเป็นอนุภาคบีตาที่มีพลังงานสูง (ตั้งแต่ 1 เมกกะอิเล็กตรอนโวลต์ขึ้นไป) เมื่อไปกระทบกับอะตอมของสสาร จะให้รังสีเอกซ์ (X-ray) กระบวนการนี้เรียกว่า Bremsstrahlung

รังสีแกมมา (γ radiation) เป็นรูปแบบหนึ่งของรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic radiation) โดยมีค่าของพลังงานที่แน่นอนไม่เป็นช่วงต่อเนื่อง เหมือนกับพลังงานจากอนุภาคบีตา อะตอมซึ่งโดยปกติให้อนุภาคบีตาหรืออนุภาคแอลฟา จะสามารถแผ่รังสีแกมมาออกมาได้หากนิวเคลียสของอะตอมนั้นยังมีพลังงานสูงอยู่

คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของสารกัมมันตรังสี คือ ครึ่งชีวิต (half-life) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังนี้คือ

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

โดยที่ N คือ จำนวนอะตอมที่เวลา t

N_0 คือ จำนวนอะตอมที่เวลาเริ่มต้น

λ คือ ค่า decay constant

จากความสัมพันธ์ข้างต้น สามารถเปลี่ยนแปลงสมการให้ดูง่ายขึ้นเพื่อการคำนวณหาค่าครึ่งชีวิตของสารกัมมันตรังสีได้ดังนี้คือ

$$\text{Half-life } (T^{1/2}) = 0.693 / \lambda \quad \text{เมื่อ } N = N_0 / 2$$

ค่ากัมมันตภาพของสารกัมมันตรังสีมีหน่วยเป็น คูรี (curies, Ci) โดยที่สารกัมมันตรังสี 1 คูรี หมายถึงปริมาณสารกัมมันตรังสีที่ให้อัตราการสลาย (disintegration rate) 3.7×10^{10} disintegration per second (dps)

ในการใช้งานด้านชีวภาพมักจะใช้ปริมาณสารกัมมันตรังสีในระดับมิลลิวรี (millicuries, mCi) และไมโครคูรี (microcuries, μCi) โดยที่สารกัมมันตรังสี 1 ไมโครคูรี = 2.22×10^6 disintegration per minute (dpm) ในทางปฏิบัติเครื่องมือวัดปริมาณรังสีจะวัดออกมาเป็นค่า count per minute (cpm) โดยที่จะหาค่าประสิทธิภาพการนับวัด ปริมาณรังสี (efficiency) ของเครื่องมือวัดปริมาณรังสีได้จากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{Efficiency} = \text{cpm/dpm}$$

บทที่ 2

อันตรายจากผลของรังสี

ผลของรังสีต่อสัตว์หรือคนหลังได้รับการฉายรังสีอับทั้งตัว

ผลของรังสีที่มีต่อร่างกายของมนุษย์ นอกจากก่อให้เกิดอันตรายต่อเซลล์ที่ได้รับรังสีโดยตรงแล้ว ยังมีผลถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้ หากเซลล์เหล่านั้นเป็นเซลล์ในระบบอวัยวะสืบพันธุ์ เมื่อเซลล์ได้รับรังสี จะทำให้เกิด mitotic delay หรือ division delay การแบ่งตัวของเซลล์จะช้าลง ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่ได้รับและระยะในวงจรชีวิตของเซลล์ เซลล์บางเซลล์อาจจะตายเพราะเกิด chromosome aberration

กลุ่มอาการจากรังสีสามารถแบ่งออกได้หลายลักษณะดังนี้คือ

2.1 **ผลเฉียบพลันจากรังสี (acute radiation effect)** เป็นกลุ่มอาการซึ่งเกิดขึ้นเฉียบพลัน อาจจะปรากฏขึ้นทันทีหลังได้รับรังสี หรือเกิดขึ้นภายใน 1-2 เดือนหลังได้รับรังสี

2.2 **ผลเรื้อรังจากรังสี (late radiation effect)** เป็นกลุ่มอาการที่เกิดขึ้นหลังได้รับรังสีไปนานแล้ว อาจจะใช้เวลาเป็นปีหรือหลาย ๆ ปีขึ้นไป

2.3 **รังสีขนาดที่ทำให้ตายได้ (early lethal effect)** เป็นผลเฉียบพลันจากรังสีขนาดที่ทำให้ตายได้ การตายอย่างเฉียบพลันเนื่องจากได้รับรังสีอับทั้งตัว จะเกิดขึ้นช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่ได้รับ อัตรารังสี อายุ เพศ สปีชีส์ ฯลฯ

โดยทั่วไปปริมาณรังสีน้อยที่สุดที่สามารถทำให้สัตว์ตาย เรียกว่า minimal lethal dose ปริมาณรังสีที่ทำให้สัตว์กลุ่มนั้น ๆ ตาย 50% เป็นปริมาณรังสีเปรียบเทียบ เรียกว่า lethal dose 50 หรือ LD₅₀ หลังได้รับรังสี สัตว์ยังไม่ตายทันที แต่จะเกิดกลุ่มอาการเนื่องจากรังสีนำมาก่อน ดังในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 กลุ่มอาการเนื่องจากการได้รับรังสี

Irradiation Time	Prodromal Period	Latent Period	Mainphase of illness	Dead
↓	Anorexia Nausea Vomiting Diarrhoea	Asymptomatic	Return of Prodromal Sign and Symptom - Infection - Hemorrhage - Convulsion	↓

อาการเหล่านี้เกิดจากการล้มเหลวของอวัยวะ 3 ระบบ คือ ระบบไขกระดูก ระบบกระเพาะลำไส้ ระบบประสาทและหลอดเลือด ส่วนใหญ่แล้วสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะตายภายใน 30 วัน จึงเขียนย่อเป็น LD₅₀ (30) สัตว์แต่ละชนิดจะมีค่า LD₅₀ (30) แตกต่างกันไป

2.1 ผลเฉียบพลันจากรังสี (acute radiation effect) จากการศึกษาคือความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสี และระยะเวลาของการอยู่รอด (survival time) ของหนูซึ่งได้รับการฉายรังสีออบทั้งตัว พบว่า

2.1.1 ปริมาณรังสีมากกว่าหรือเท่ากับ 100,000 เซนติเกรย์ หนูจะตายทันทีจาก molecular death ซึ่งเป็นผลจากการที่รังสีไปหยุด metabolism ของเซลล์ทันที

2.1.2 ปริมาณรังสีมากกว่าหรือเท่ากับ 10,000 เซนติเกรย์ หนูจะตายภายใน 1-2 วัน ก่อนตายมันจะกระสับกระส่าย หายใจลำบาก ชักกระตุก หมดสติ และตายเนื่องจากรังสีทำลายเซลล์ในระบบประสาทและหลอดเลือด (cerebro-

vascular system) ในคนที่ได้รับปริมาณรังสี 2,000–3,000 เซนติเกรย์ หรือ 20–30 เกรย์ จะเกิดอาการนี้ได้

2.1.3 ปริมาณรังสีระหว่าง 1,000–10,000 เซนติเกรย์ หนูจะตายภายใน 3-5 วัน และพบมีการเปลี่ยนแปลงของเยื่อบุทางเดินอาหาร เสียน้ำและธาตุโซเดียมมาก หนูจะตายเนื่องจากรังสีไปทำลายเซลล์เยื่อบุในระบบกระเพาะอาหารและลำไส้ทั้งหมด เกิดกลุ่มอาการทางระบบกระเพาะอาหารและลำไส้ คือ คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย ปนเลือดออก เบื่ออาหาร ขาดน้ำ ขาดเกลือแร่ เกิดการติดเชื้อบริเวณแผลในเยื่อบุกระเพาะอาหารและลำไส้ และตายจากกลุ่มอาการกระเพาะลำไส้ (gastro intestinal syndrome) สำหรับในคน ปริมาณรังสีระหว่าง 500-1,200 เซนติเกรย์ หรือ 5-12 เกรย์ จะทำให้เกิดกลุ่มอาการนี้ได้ และตายภายใน 10 วัน

2.1.4 หนูที่ได้รับรังสีระหว่าง 300-1,000 เซนติเกรย์ จะตายใน 10-15 วัน มีการเปลี่ยนแปลงของเม็ดเลือดและอวัยวะที่สร้างเม็ดเลือด การตายสัมพันธ์กับระบบ hematopoietic system และอาจเกิดการติดเชื้อร่วมด้วย มีไข้ ขนและผมร่วง เม็ดเลือดขาวต่ำ เม็ดเลือดแดงต่ำ เกร็ดเลือดต่ำ ในคนปริมาณรังสีระหว่าง 250-500 เซนติเกรย์ หรือ 2.5-5.0 เกรย์ ทำให้เกิดกลุ่มอาการนี้ได้ หากเป็นรุนแรงจะตายในภายใน 3-4 สัปดาห์

2.1.5 LD₅₀ (30) ของหนูมีค่าประมาณ 530 เซนติเกรย์ ดังนั้นเมื่อหนูได้รับรังสีน้อยกว่า 500 เซนติเกรย์ หนูอาจจะไม่ตาย แม้รังสีจะมีการทำลายอวัยวะหลายตำแหน่งแต่ก็ไม่มากนัก หนูจะมีการเปลี่ยนแปลงชนิดเรื้อรัง และมีการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม สำหรับคนเมื่อได้รับปริมาณรังสีเกิน 50 เซนติเกรย์ จะทำให้เกิดกลุ่มอาการ radiation sickness คือ ปวดหัว มึนงง อ่อนเพลีย คลื่นไส้ อาเจียน ไข้สูงและระคายเคือง ท้องเสีย ความดันต่ำ นอนไม่หลับ อาการเหล่านี้จะค่อย ๆ หายไป จะเร็วหรือช้าขึ้นกับปริมาณรังสีที่ได้รับ

2.2 ผลเรื้อรังจากรังสี (late radiation effect) กลุ่มอาการที่เกิดขึ้นหลังจากได้รับรังสีไปนานแล้ว (late radiation effect) ซึ่งอาจจะเป็นปีหรือหลาย ๆ ปี ผลเรื้อรังจากการได้รับรังสี ได้แก่

2.2.1 เป็นหมัน เสียความรู้สึกทางเพศ มีบุตรยาก (sterility, impotence, impaired fertility) ในคน ถ้าได้รับการฉายรังสีไปยังลูกอัณฑะครั้งเดียว 30 เซนติเกรย์ อสุจิจะลดลง (oligospermia) หากได้รับรังสี 250 เซนติเกรย์

จะมีผลทำให้ไม่มีอสุจิชั่วคราวและเป็นหมันประมาณ 1 ปี (azoospermia) ในกรณีที่ได้รับรังสี 400-600 เซนติเกรย์ จะทำให้เป็นหมันถาวร แต่ไม่เปลี่ยนแปลงสมรรถภาพทางเพศ เพราะฮอร์โมนเพศชายที่สร้างจาก interstitial และ sertoli cell ไวต่อรังสีน้อยกว่า spermatogonia จึงยังคงมีฮอร์โมนเป็นปกติ ในเพศหญิง การทำหมันด้วยรังสี (radiation castration) จะใช้รังสีประมาณ 1,200-1,600 เซนติเกรย์ เมื่อเป็นหมันแล้วระดับฮอร์โมนเพศหญิงจะลดลงด้วย ทำให้เกิดอาการวัยทอง คือ หงุดหงิด ความรู้สึกทางเพศลดลง ร้อนวูบวาบตามผิวหนัง

2.2.2 รังสีทำให้อายุสั้น (nonspecific life shortening) ในหนูซึ่งได้รับการฉายรังสีอวัยวะทั่ว พบว่ามีช่วงอายุ (life expectancy) สั้นลง 5.4 % ทุก 100 เซนติเกรย์ของรังสีที่ได้รับแบบเฉียบพลัน (acute exposure) จึงมีความเชื่อว่าสาเหตุที่ทำให้หนูตายน่าจะมาจากการที่หนูได้รับรังสี อย่างไรก็ตามได้พบภายหลังว่าหนูที่ได้รับรังสีขนาดต่ำหรือขนาดปานกลาง (low to medium/intermediate dose) อวัยวะทั่ว ยังไม่ทำให้หนูตาย แต่หนูเหล่านั้นเกิดมะเร็งตามอวัยวะต่าง ๆ และมะเร็งเม็ดเลือดภายหลังอีกหลายปีต่อมา ฉะนั้นหนูซึ่งได้รับรังสีเหล่านี้จึงน่าจะตายเนื่องจากมะเร็ง

2.2.3 รังสีทำให้สภาพร่างกายทรุดโทรมแก่เร็ว (radiation induced aging) หนูที่ได้รับการฉายรังสีในปริมาณสูงขึ้นไป สามารถมีชีวิตรอดอยู่ต่อไปได้ แต่จะมีความผิดปกติในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ให้เห็น คือ

- ก. จำนวนของเซลล์เยื่อ (parenchyma cells) ลดลง
- ข. จำนวนหลอดเลือดฝอยเล็ก ๆ (fine blood vessels) ลดลง
- ค. จำนวนเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) เพิ่มขึ้น

2.2.4 รังสีทำให้เกิดเป็นเลนส์ตาดำต้อกระจก (radiation cataractogenesis) เมื่อเลนส์ได้รับรังสีจะทำให้มีการบวมของใยเซลล์ (cell fiber) มีการขุ่นมัวทางด้านหลังของเลนส์ก่อน ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของเซลล์ที่ถูกทำลายด้วยรังสีในระยะแรกสามารถจะแยกออกจากต้อกระจกที่เกิดจากโรคอื่นได้ เพราะจะเริ่มเป็นจุดขุ่นขาวอยู่ตรงขั้วด้านหลัง (posterior pole) แต่ถ้าเป็นมากแล้วจะไม่สามารถแยกได้ ปริมาณรังสีต่ำสุดที่ทำให้เกิดเป็นต้อกระจกในคนเท่ากับ 200 เซนติเกรย์ เมื่อเลนส์ได้รับรังสีสูงขึ้น (220-650 เซนติเกรย์) จะทำให้เลนส์ขุ่นขาวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (progressive opacities) มี latent period 8 ปี เมื่อเลนส์ได้รับรังสีสูงขึ้นอีก

(650-1,150 เซนติเกรย์) จะทำให้เลนส์ขุนขาวอย่างรวดเร็ว (stationary opacities) มี latent period 4 ปี แสดงว่ามี threshold dose ของรังสีซึ่งจะสามารถทำให้เกิดต่อกระจกได้เป็นแบบ deterministic effect เดิมเรียก nonstochastic effect กล่าวคือหากรังสีต่ำกว่า 200 เซนติเกรย์ จะไม่ทำให้เกิดเป็นต่อกระจก แต่ถ้าหากสูงกว่า 200 เซนติเกรย์ จะเกิดเป็นต่อกระจกเร็วขึ้นตามปริมาณรังสีที่ได้รับ

2.2.5 ผลของรังสีต่อกระดูก (late effect on bone) กระดูกมีความหนาแน่นมากกว่าเนื้อเยื่ออื่นประมาณ 1.8 เท่า โดยทั่วไปกระดูกคือต่อรังสี เมื่อกระดูกได้รับรังสี เซลล์ตัวอ่อนของกระดูกจะถูกทำลาย ทำให้เซลล์กระดูกตายและขาดเลือดไปเลี้ยง กระดูกที่ตายจะถูกดูดซึมไปและมีแคลเซียมมาเกาะแข็ง กระดูกจะหยุดการเจริญเติบโต ผลที่เกิดขึ้นคือ กระดูกสั้น กระดูกอักเสบเรื้อรัง กระดูกตายหักง่าย หรืออาจจะเกิดเป็นมะเร็งกระดูกชนิด osteosarcoma

2.2.6 ผลของรังสีต่อผม รากผม หรือขน (hair follicle) ผมหรือขนจะไวต่อรังสี ดังนั้นผลในระยะเฉียบพลันคือผมร่วง ส่วนผลเรื้อรังระยะยาวคือ ผมที่งอกมาใหม่อาจจะเปลี่ยนสีจากสีขาหรือสีดำไปเป็นสีเทา หากรังสีทำลายต่อมไขมันของผมหรือขน ผมหรือขนที่งอกใหม่จะหยิกและละเอียด

2.2.7 รังสีทำให้เกิดเป็นมะเร็ง (radiation carcinogenesis) รังสีทำให้เกิด point mutation และเกิด chromosomal rearrangement ซึ่งอาจจะเป็น translocation หรือ deletion ของ protooncogene, suppressor gene, repair gene หรือ gene ที่สำคัญอื่น ๆ ใน chromosome ทำให้เซลล์กลายพันธุ์ และเป็นมะเร็งได้หลาย ๆ ชนิดเช่น มะเร็งเต้านม มะเร็งปอด มะเร็งปากมดลูก มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ มะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งตา มะเร็งไต มะเร็งต่อมหมวกไต มะเร็งเม็ดเลือด มะเร็งต่อมน้ำเหลือง มะเร็งกระดูก มะเร็งผิวหนัง เป็นต้น อุบัติการณ์เกิดมะเร็งจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามปริมาณรังสีที่ได้รับโดยไม่มี threshold dose กล่าวคือความรุนแรงของโรคมะเร็งที่เกิดจากการได้รับรังสี 100 เซนติเกรย์ ไม่แตกต่างไปจากโรคมะเร็งที่เกิดจากการได้รับรังสี 10 เซนติเกรย์ เนื่องจากการเกิดเป็นมะเร็งไม่มี threshold dose จึงเรียกการเกิดแบบนี้ว่าเป็น stochastic effect และเรียกช่วงเวลาตั้งแต่ได้รับรังสีจนกระทั่งเกิดเป็นมะเร็งว่า latent period ผู้ป่วยจะมีโอกาสเป็นมะเร็งเม็ดเลือด (leukemia) ในช่วง 2-3 ปี และช่วง 7-12 ปี หลังจากได้รับรังสี และจะมีความเสี่ยงต่อการเกิด solid tumor ภายหลังได้รับรังสีประมาณ 20-50 ปี

2.2.8 รังสีมีผลต่อพันธุกรรม รังสีทำให้เกิด chromosome break หรือ chromatid break ซึ่ง break ดังกล่าวอาจเกิดขึ้นในสายดีเอ็นเอสายเดี่ยวหรือทั้งสองสาย อาจจะทำลาย spindle fiber หากเซลล์นั้นซ่อมไม่ไหวหรือซ่อมผิดแบบมาก เซลล์นั้นจะตายไป แต่ถ้าเซลล์สามารถซ่อมได้และผิดแบบไม่มากนัก เซลล์นั้นอาจจะยังมีชีวิตอยู่ แต่จะแสดงความผิดปกติให้เห็นได้ในรุ่นลูกรุ่นหลานต่อ ๆ ไป ความผิดปกติที่เกิดขึ้นแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

ก. Point mutation เป็นการเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดจาก single gene locus หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมส่วนสั้น ๆ 2-3 โลค์สที่ติดกัน แต่เนื่องจากจุดเปลี่ยนแปลงเล็กมาก ทำให้ไม่สามารถเห็นลักษณะผิดปกติได้จากกล้องจุลทรรศน์ ความผิดปกติที่เกิดขึ้นอาจจะเป็น dominant gene mutation ซึ่งจะแสดงออกให้เห็นใน generation แรก ตัวอย่างได้แก่ มีนิ้วเกิน (polydactyly) และ มีลักษณะเตี้ยแคระ (achondroplasia) เป็นต้น ในกรณีที่เป็น recessive gene mutation (ยกเว้น sex linked) อาจจะพบใน generation แรกหรืออีกหลาย ๆ generations ตัวอย่างโรคที่มี recessive gene mutation ได้แก่ sickle cell anemia, cystic fibrosis, phenylketourea, Tay-Sachs disease สำหรับ sex linked disorder ที่เกิดบนโครโมโซม X ที่รู้จักกันดี คือ hemophilia, color blindness เนื่องจากในเพศชายมีโครโมโซม X และ Y ดังนั้น sex-linked recessive จะมีโอกาสพบในลูกชายที่เกิดใน generation แรก

ข. Chromosome aberration มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของโครโมโซม อาจจะเป็น deletion, translocation หรือเป็นการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมในเซลล์จากจำนวน euploidy เป็น aneuploidy เป็นต้น ความผิดปกติของโครโมโซมแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

- ความผิดปกติของ autosome เช่น ในกรณีที่มีจำนวนโครโมโซมมากเกินไปเป็น trisomy of chromosome อาจเกิดจาก non-disjunction หรือ translocation ของโครโมโซม ที่พบบ่อยคือ trisomy 21 (Down's syndrome), trisomy 18 (Edward's syndrome) และ trisomy 13 (Patau syndrome) หรือในกรณีที่จำนวนโครโมโซมขาดหายไป ได้แก่ 4p syndrome หรือ Cri-du-chat syndrome, 5p syndrome, 13q syndrome

- ความผิดปกติของ sex chromosome เกิดจาก non-disjunction chromosome เช่นกัน โรคที่อาจพบได้ เช่น Turner's syndrome (XO), Super female (XXX), Klinefelter's syndrome (XXY, XXXY, XXYY)

2.2.9 รังสีมีผลต่อทารกในครรภ์ รังสีทำให้ทารกในครรภ์มีอวัยวะผิดปกติ สมองพิการ และ/หรือทำให้เด็กมีโอกาสเกิดเป็นมะเร็งตั้งแต่อายุยังน้อย ๆ

บทที่ 3

อุบัติเหตุทางรังสี

แม้ว่าการปฏิบัติงานที่ต้องเกี่ยวข้องกับสารกัมมันตรังสี ไม่ว่าจะเป็นการใช้ใน ห้องปฏิบัติการวิจัย หรือใช้สำหรับการบำบัดทางการแพทย์ จะมีการเตรียมความพร้อมและผู้ใช้สารกัมมันตรังสีมีความรู้เกี่ยวกับสารกัมมันตรังสีและมีความระมัดระวัง เป็นอย่างดีแล้วก็ตาม ก็อาจเกิดอุบัติเหตุหรือเหตุสุดวิสัยขึ้นได้ และอาจก่อให้เกิด อันตรายแก่ผู้ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงหรือแม้แต่ตัวผู้ปฏิบัติงานเอง ตัวอย่างเหตุการณ์ สำคัญ ๆ ของอุบัติเหตุทางรังสีที่ส่งผลกระทบต่องานวิจัยที่มีชีวิตที่ผ่านมามีหลายครั้ง เช่น กรณีระเบิดปรมาณูที่เมืองฮิโรชิมาและนางาซากิ ประเทศญี่ปุ่น เมื่อปี ค.ศ. 1945 อุบัติเหตุการรั่วไหลของสารกัมมันตรังสีจากโรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ที่เชอร์โนบีล ประเทศรัสเซีย ปี ค.ศ. 1986 หรืออุบัติเหตุการรั่วไหลของสารกัมมันตรังสีจากโรงงาน ไฟฟ้านิวเคลียร์ที่เมืองคาชิวาซากิ เมื่อต้นเดือนกรกฎาคม 2007 เนื่องจากแผ่นดินไหว เป็นต้น อุบัติเหตุที่กล่าวข้างต้นกินขอบเขตกว้าง มีผลกระทบร้ายแรงต่อคนและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ จำนวนมาก และมักเกิดขึ้นอย่างฉับพลันโดยไม่สามารถป้องกันได้ทัน ในกรณีการใช้สารกัมมันตรังสีในห้องปฏิบัติการวิจัย หรือใช้ในการบำบัดรักษาทางการแพทย์ มักจะพบว่าอุบัติเหตุเกิดจากความมั่งง่าย หรือความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ของผู้ปฏิบัติงานทางรังสี เช่น เก็บสารกัมมันตรังสีผิดที่หรือเก็บในที่ไม่ควรเก็บ ไม่ใช้ เครื่องวัดรังสี หรือใช้เครื่องวัดรังสีที่ไม่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบคุณภาพ ผู้ใช้สาร กัมมันตรังสีไม่ได้ใช้วัสดุกำบังรังสีที่เหมาะสมกับชนิดของรังสี หรือแม้แต่ขาดการฝึก

อบรมด้านการใช้สารกัมมันตรังสีที่ถูกต้อง ฯลฯ อุบัติเหตุทางรังสีในระดับห้องปฏิบัติการหรือทางการแพทย์สามารถควบคุมให้เกิดน้อยที่สุดและ/หรือป้องกันไม่ให้เกิดขึ้น โดยที่หน่วยงานมีการฝึกอบรมบุคลากรที่เกี่ยวข้อง ให้เข้าใจถึงกฎระเบียบการใช้สารกัมมันตรังสีอย่างเคร่งครัด และมีแผนป้องกันอุบัติเหตุทางรังสีที่รัดกุม

3.1 แนวปฏิบัติเมื่อเกิดอุบัติเหตุทางรังสี

เมื่อเกิดอุบัติเหตุทางรังสี ผู้ปฏิบัติงานและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะต้องดำเนินการต่าง ๆ โดยมีเป้าหมายที่จะแก้ไขสถานการณ์ให้กลับคืนสู่สภาวะปกติตามสาเหตุของอุบัติเหตุทางรังสี ทั้งนี้มาตรการและแนวทางในการแก้ไขปัญหาอาจมีรายละเอียดที่แตกต่างกันแล้วแต่ระดับความรุนแรงของอุบัติเหตุทางรังสี ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้คือ

- ระดับที่ 1: เป็นอุบัติเหตุทางรังสีที่อยู่ในบริเวณจำกัด ภายในห้องปฏิบัติการหรือภายในอาคาร
- ระดับที่ 2: เป็นอุบัติเหตุทางรังสีที่ขยายขอบเขตไปในเนื้อที่ ๆ กว้างขึ้น เช่น ทั่วโรงงาน สถาบันศึกษา หรือโรงพยาบาล
- ระดับที่ 3: เป็นอุบัติเหตุทางรังสีที่มีผลกระทบต่อสถานที่ข้างเคียง
- ระดับที่ 4: เป็นอุบัติเหตุทางรังสีที่มีผลกระทบต่อประเทศข้างเคียง

3.2 การจัดการเมื่อเกิดอุบัติเหตุหรือเหตุฉุกเฉินทางรังสี

3.2.1 เมื่อเกิดอุบัติเหตุหรือเหตุฉุกเฉินทางรังสี ให้ปฏิบัติตามแผนฉุกเฉินทางรังสีของหน่วยงาน และแจ้งกลุ่มเตรียมความพร้อมประสานงานฉุกเฉินทางรังสีที่

สำนักกำกับดูแลความปลอดภัยทางรังสี

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

ถนนวิภาวดีรังสิต บางเขน กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์: 0 2579 5230-4, 0 2579 0138-9, 0 2579 0547,

0 2562 0086 และ 0 2562 0091

โทรสาร: 0 2561 3013

3.2.2 กรณีสารกัมมันตรังสีสูญหายในสถานปฏิบัติงาน เนื่องจากการปฏิบัติงานแบบ manual brachytherapy มีโอกาสที่สารกัมมันตรังสีจะเกิดการสูญหายได้ง่ายมาก สามารถเกิดขึ้นได้ในทุกขั้นตอนของการปฏิบัติงาน นอกจากนี้การใช้เครื่องใส่แร่ หากไม่มีการบำรุงรักษาและตรวจสอบสภาพการใช้งานเป็นประจำแล้ว ก็มีโอกาสที่สารกัมมันตรังสีจะเกิดการสูญหายได้เช่นกัน เช่น เครื่องใส่แร่ที่ใช้ซีซียม-137 เมื่อสายนำเม็ดแร่หมดอายุการใช้งาน ก็มีโอกาสที่จะแตกได้ ซึ่งจะทำให้เม็ดแร่สามารถหลุดร่วงออกมาและเกิดการสูญหาย ดังนั้นเมื่อพบว่าสารกัมมันตรังสีเกิดการสูญหายควรปฏิบัติดังนี้

3.2.2.1 แจ้งเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสีและผู้บังคับบัญชาทราบในทันที และให้แจ้งสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติทราบโดยด่วนที่สุด

3.2.2.2 ระวังการจัดการทุกอย่างที่เกี่ยวข้องกับห้องที่มีสารกัมมันตรังสีสูญหาย เช่น การทิ้งขยะ การทำความสะอาด การซักரிผ้าที่มาจากห้องดังกล่าว

3.2.2.3 ทำการค้นหาในบริเวณที่คาดว่าสารกัมมันตรังสีอาจไปตกหล่นอยู่ โดยใช้เครื่องวัดรังสี ช่วยในการค้นหา ทั้งในห้องปฏิบัติงานและแผนกอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2.2.4 หากไม่พบ อาจคาดได้ว่าสารกัมมันตรังสีอาจติดไปกับผู้ป่วย ดังนั้นควรตรวจสอบรายชื่อผู้ป่วยที่มารับการรักษาในช่วงดังกล่าว และควรติดตามไปตรวจสอบที่พักของผู้ป่วยที่ต้องสงสัย

3.2.2.5 หากไม่พบ ให้แจ้งความที่สถานีตำรวจท้องที่ และพิจารณาลงประกาศตามสื่อต่าง ๆ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการค้นหา และเป็นการป้องกันอันตรายจากรังสีต่อสาธารณชน

3.3 กรณีภาชนะบรรจุสารกัมมันตรังสีสูญหายขณะทำการขนส่ง การขนส่งภาชนะบรรจุสารกัมมันตรังสีสำหรับงาน brachytherapy จะเกิดขึ้นเมื่อมีการนำเข้า ส่งออก หรือเมื่อเปลี่ยนถ่ายสารกัมมันตรังสี และจะพบได้บ่อยกรณีที่ใช้สารกัมมันตรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้น เช่น อิริเดียม-192 หรืออาจเป็นการขนส่งไอโอดีน-125 เพื่อไปทำการรักษาตามสถานปฏิบัติการต่าง ๆ การสูญหายอาจเกิดได้เมื่อผู้ทำการขนส่งไม่ระมัดระวัง ไม่มีมาตรการการขนส่งที่รัดกุม หรืออาจเกิดภายหลังจากการเกิดอุบัติเหตุขณะขนส่ง เมื่อพบว่าภาชนะบรรจุสารกัมมันตรังสีสูญหายขณะทำการขนส่ง ควรปฏิบัติดังนี้

3.3.1 แจ้งเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสีและผู้บังคับบัญชาทราบในทันที และแจ้งสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติโดยด่วนที่สุด

3.3.2 ให้เจ้าหน้าที่ควบคุมการขนส่งทบทวนและสอบสวนผู้เกี่ยวข้องทุกคน

3.3.3 ทำการค้นหาในบริเวณต่างๆ ที่คาดว่าสารกัมมันตรังสีไปตกหล่นอยู่

3.3.4 หากไม่พบ ให้แจ้งความที่สถานีตำรวจ และพิจารณาประกาศตามสื่อต่างๆ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการค้นหา และเป็นการป้องกันอันตรายจากรังสีต่อสาธารณชน

3.4 กรณีเกิดอุบัติเหตุขณะทำการขนส่งสารกัมมันตรังสี ควรปฏิบัติดังนี้

3.4.1 เมื่อเกิดอุบัติเหตุใดๆ ขณะทำการขนส่ง ให้ผู้ควบคุมการขนส่งตรวจวัดระดับรังสีโดยรอบภาชนะบรรจุ และเปรียบเทียบกับค่าที่วัดก่อนการขนส่ง หากพบว่ามีระดับรังสีสูงผิดปกติ แสดงว่าอาจเกิดการชำรุดของภาชนะบรรจุ

3.4.2 ให้แจ้งหรือเคลื่อนย้ายบุคคลที่ประสบเหตุออกจากบริเวณที่เกิดเหตุโดยเร็ว อย่างไรก็ตามหากมีผู้ได้รับบาดเจ็บมากและเห็นว่าการเคลื่อนย้ายอาจก่อให้เกิดอันตราย และระดับรังสีที่ตรวจวัดได้ ไม่สูงจนอาจเกิดอันตรายแบบเฉียบพลันให้รอจนกว่าเจ้าหน้าที่ปฐมพยาบาลมาถึง

3.4.3 กั้นบริเวณโดยรอบ ติดป้ายเตือนทางรังสี และห้ามบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าไปในบริเวณดังกล่าวโดยเด็ดขาด

3.4.4 แจ้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตามแผนฉุกเฉินที่ได้กำหนดไว้ และแจ้งสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติในทันที

3.4.5 ควรมีเจ้าหน้าที่อย่างน้อย 1 คน ฝ้าอยู่ ณ บริเวณใกล้เคียงที่เกิดเหตุ จนกว่าการระงับเหตุจะดำเนินการแล้วเสร็จ

3.5 กรณีสารกัมมันตรังสีติดค้างขณะทำการรักษาด้วยเครื่องใส่แร่

3.5.1 กรณีพบว่าสารกัมมันตรังสีไม่กลับเข้าที่ในภาชนะบรรจุเมื่อครบเวลาการรักษา ให้พยายามกดปุ่มฉุกเฉินที่ส่วนควบคุมเครื่อง หรือใช้การดึงสายกลับด้วยมือหมุนตามที่ระบุไว้ในคู่มือของเครื่องแต่ละรุ่น โดยขณะที่เข้าไปในห้อง ให้ใช้เครื่องวัดรังสีตรวจวัดระดับรังสี และหาตำแหน่งที่สารกัมมันตรังสีติดค้างอยู่โดยประมาณ

3.5.2 หากไม่สามารถนำสารกัมมันตรังสีกลับเข้าที่เก็บได้ ให้ถอดชุด applicator ออกจากตัวผู้ป่วย แล้วเคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกนอกห้องโดยเร็ว ขณะเคลื่อนย้ายพยายามอยู่ห่างจากต้นกำเนิดรังสีให้มากที่สุด

3.5.3 ให้ล็อกห้อง และปิดป้ายแจ้งเตือนว่ามีสารกัมมันตรังสีค้าง ห้ามเข้าโดยเด็ดขาด

3.5.4 ติดต่อบริษัทผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่าย เพื่อทำการซ่อมแซม แก้ไข

3.5.5 เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสีต้องรีบจัดส่งอุปกรณ์บันทึก รังสีประจำตัวบุคคลของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องไปรับการประเมินโดยด่วน และประเมิน ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับเกินจากการรักษาตามปกติ

3.5.6 ให้เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสี จัดทำรายงานและแจ้ง เหตุดังกล่าวให้สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติทราบในทันที

3.6 กรณีพบการรั่วของสารกัมมันตรังสี ให้ถือว่าอุปกรณ์นั้นไม่อยู่ใน สภาพการใช้งานได้ ให้ระงับการใช้งานและแจ้งให้สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติทราบใน ทันที

3.7 กรณีเกิดเหตุฉุกเฉินขณะทำการฉายรังสี ด้วยเครื่องโคบอลต์-60 ชนิดรักษาจากระยะไกล และเครื่องไม่หยุดฉายรังสีหลังจากครบเวลาที่ตั้งไว้

3.7.1 สำหรับเจ้าหน้าที่ฉายรังสี

3.7.1.1 พยายามหยุดการฉายรังสีโดยใช้ปุ่มฉุกเฉิน (emergency stop)

3.7.1.2 หากไม่สำเร็จ ให้ปรับ collimator ให้เล็กที่สุด กรณีที่ สามารถควบคุมได้จากภายนอก

3.7.1.3 รีบเข้าไปในห้องฉายรังสีเพื่อเคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกให้พ้น ลำรังสี และออกนอกห้องโดยเร็ว ขณะที่เคลื่อนย้ายพยายามยืนให้ห่างจากลำรังสีให้ มากที่สุด และต้องไม่ให้ส่วนหนึ่งของร่างกายอยู่ในลำรังสี

3.7.1.4 ปิดประตูและปิด main switch พร้อมติดป้าย “ห้าม เข้าบริเวณรังสี”

3.7.1.5 ให้แจ้งเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสีและผู้บังคับบัญชา ทราบทันที และต้องไม่เข้าไปในห้องเพื่อพยายามแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง และไม่

อนุญาตให้บุคคลใด ๆ เข้าไปในห้องโดยเด็ดขาด

3.7.2 สำหรับเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสี

3.7.2.1 เปิด main switch

3.7.2.2 ตรวจสอบเครื่องวัดรังสี ว่าสามารถทำงานได้เป็นปกติหรือไม่

3.7.2.3 ให้เปิดประตูห้องฉายรังสีเล็กน้อย ยืนหลังประตู ยื่นเครื่องวัดรังสีเข้าไปในห้องเพื่อตรวจสอบว่าสารกัมมันตรังสียังคงอยู่ในตำแหน่ง “ON” หรือไม่

3.7.2.4 ถ้าสารกัมมันตรังสียังอยู่ในตำแหน่ง “ON” ให้เข้าไปในห้องแล้วใช้อุปกรณ์ดับสารกัมมันตรังสีให้เข้าที่เก็บ (ตำแหน่ง OFF) ตามที่ระบุไว้ในคู่มือการใช้งาน โดยหลีกเลี่ยงมิให้ส่วนหนึ่งส่วนของร่างกายอยู่ในลำรังสี

3.7.2.5 ปิดประตูห้องและปิด main switch

3.7.2.6 ติดเครื่องหมายเตือนรังสี พร้อมทั้งคำเตือน ห้ามเข้าภายในห้องโดยเด็ดขาด

3.7.2.7 ให้ติดต่อบริษัทตัวแทนจำหน่ายเพื่อดำเนินการซ่อมแซมแก้ไข โดยที่การซ่อมแซมแก้ไขดังกล่าวต้องอยู่ภายใต้การกำกับดูแลอย่างใกล้ชิดของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสี

3.7.2.8 ให้รีบจัดส่งอุปกรณ์บันทึกที่รังสีประจำตัวบุคคลของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดไปรับการประเมินผลโดยด่วน และประเมินปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับเกินจากการฉายรังสีตามปกติ

3.7.2.9 จัดทำรายงานและแจ้งการเกิดเหตุ ให้สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติทราบในทันที ตามที่อยู่ข้างล่างนี้

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

เลขที่ 16 ถนนวิภาวดีรังสิต

แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทร 02-579-5230, 02-562-0123, 02-596-7600

โทรสาร 02-561-3013

Website <http://www.oap.go.th>

บทที่ 4

ข้อปฏิบัติสำหรับผู้ปฏิบัติงาน ที่เกี่ยวข้องกับสารกัมมันตรังสี

4.1 สารกัมมันตรังสีชนิดไม่ปิดผนึก (unsealed source) ที่มีระดับพลังงานต่ำ

หน่วยงานที่มีการใช้สารกัมมันตรังสีชนิดไม่ปิดผนึก (unsealed source) ที่มีระดับพลังงานต่ำ ให้ผู้ปฏิบัติงานและผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้องปฏิบัติดังต่อไปนี้

4.1.1 หน่วยงานที่มีผู้ปฏิบัติงานทางรังสีต้องแต่งตั้งผู้รับผิดชอบทางเทคนิคและความปลอดภัยทางรังสี (Radiation Safety Officer) ซึ่งได้รับการรับรองและขึ้นทะเบียนเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสีจากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ เพื่อเป็นผู้รับผิดชอบดูแลให้คำปรึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัยในการใช้สารกัมมันตรังสีแก่บุคลากรภายในหน่วยงาน

4.1.2 ผู้ปฏิบัติงานทางรังสีในห้องปฏิบัติการเพื่อการวิจัยหรือเพื่อการบำบัดรักษาผู้ป่วยจะต้องผ่านการอบรมและการทดสอบความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้และการป้องกันอันตรายจากสารกัมมันตรังสี ตามมาตรฐานเกี่ยวกับความปลอดภัยทางรังสีของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

4.1.3 ห้ามบุคคลที่ไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง เข้ามาในบริเวณของห้องปฏิบัติการที่มีการใช้สารกัมมันตรังสีโดยเด็ดขาด

4.1.4 ห้ามรับประทานอาหาร เครื่องดื่ม หรือสูบบุหรี่ในห้องปฏิบัติการทางรังสี

4.1.5 ห้ามเก็บอาหาร เครื่องดื่ม หรือสิ่งของส่วนตัวไว้ในบริเวณที่ใช้ใช้สารกัมมันตรังสี หรือบริเวณที่เตรียมสารกัมมันตรังสีสำหรับการทดลอง

4.1.6 ผู้ปฏิบัติงานทางรังสีทุกคนจะต้องสวมเสื้อคลุมปฏิบัติการ (lab coat) ติดเครื่องวัดรังสีประจำตัวบุคคลที่บริเวณตำแหน่งซึ่งมีโอกาสที่จะได้รับรังสี และสวมถุงมือทุกครั้งที่ใช้ปฏิบัติงานทางรังสี หน่วยงานของผู้ปฏิบัติงานทางรังสีจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการส่งเครื่องวัดรังสีประจำตัวบุคคลไปตรวจวัดระดับรังสีที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขเป็นประจำทุกเดือน ผู้ปฏิบัติงานทางรังสีทุกคนจะต้องปฏิบัติตามกฎข้อบังคับการป้องกันอันตรายจากรังสีอย่างเคร่งครัด

4.1.7 การทดลองที่ต้องใช้สารกัมมันตรังสี จะต้องทำในพื้นที่ ๆ ได้กำหนดไว้แน่นอน ห้ามทำการเคลื่อนย้ายการทดลองไปมาในบริเวณกว้าง บริเวณที่ทำการทดลอง ตลอดจนเครื่องมือ เครื่องแก้วจะต้องติดฉลากที่เห็นอย่างชัดเจนว่าเป็น “บริเวณที่มีสารกัมมันตรังสี”

4.1.8 ผู้ใช้สารกัมมันตรังสีจะต้องเตรียมพื้นที่ปฏิบัติการให้พร้อมก่อนเริ่มใช้สารกัมมันตรังสี พื้นที่ดังกล่าวจะต้องเป็นบริเวณซึ่งได้กำหนดไว้แล้วว่าจะใช้สำหรับงานที่เกี่ยวข้องกับสารกัมมันตรังสี โดยให้ปูพื้นที่ ๆ จะใช้สารกัมมันตรังสีด้วยพลาสติกหรือวัสดุที่สามารถป้องกันการซึมของสารกัมมันตรังสี นอกจากนี้ให้เตรียมวัสดุที่สามารถขับน้ำหรือของเหลวได้อย่างรวดเร็ว ในกรณีที่มีสารกัมมันตรังสีกระเด็นหรือเประเปื้อน

4.1.9 ผู้ใช้สารกัมมันตรังสีจะต้องเตรียมเครื่องมือ เช่น เครื่องวัดรังสี ตลอดจนเครื่องใช้และอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ครบถ้วนก่อนเริ่มทำการทดลองที่ต้องใช้สารกัมมันตรังสี หากมีความจำเป็นต้องเข้าและออกจากห้องปฏิบัติการในระหว่างใช้สารกัมมันตรังสี ควรใส่ถุงมืออย่าง 2 ชั้น และถอดถุงมืออย่างชั้นนอกออกก่อนที่จะเอามือไปจับลูกบิดประตู

4.1.10 สารกัมมันตรังสีทุกชนิด ต้องมีฉลากเครื่องหมายรังสีติดให้ชัดเจน (ดูเครื่องหมายสัญลักษณ์รังสี หน้า 70) และต้องบรรจุอยู่ในภาชนะที่สามารถกำบังและป้องกันการทะลุทะลวงของรังสี เช่น ถ้ำตะกั่ว นอกจากนี้ต้องมีฉลากระบุชนิด ความแรงของสารกัมมันตรังสี และวันเดือนปีที่ผลิตอย่างชัดเจน

4.1.11 ห้ามจับต้อง หรือถือสารกัมมันตรังสี หรือภาชนะที่มีสารกัมมันตรังสีด้วยมือเปล่า ต้องสวมถุงมืออย่างทุกครั้งทำงานเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสี

เครื่องแก้วที่ใช้สำหรับตรวจวัดต้องไม่แตกหัก หรือมีส่วนคมซึ่งอาจจะทำให้ถุงมืออย่าง ขาดได้ ห้ามใช้ปากในการดูดสารละลายด้วยปิเปตอย่างเด็ดขาด

4.1.12 การทดลองที่เกี่ยวกับสารกัมมันตรังสี โดยเฉพาะสาร กัมมันตรังสีที่ระเหยได้ เช่น ไอโอดีน-125 (^{125}I) ต้องทำในตู้สำหรับเตรียมสาร กัมมันตรังสี (radiochemical fume hood) ที่มีแผ่นกรองกักเก็บเฉพาะที่เหมาะสม และต้องเปิดเครื่องดูดอากาศภายในตู้ก่อนเริ่มทำการทดลองใช้สารกัมมันตรังสีทุกครั้ง

4.1.13 สารกัมมันตรังสีที่มีความแรงสูง ต้องใส่ไว้ในถ้ำตะกั่วให้มิดชิด และมีวัตถุกำบังรังสี (shield) ที่เหมาะสมในขณะที่ใช้งาน

4.1.14 หลังจากเสร็จสิ้นการใช้สารกัมมันตรังสีแล้ว ให้เก็บสิ่งของต่าง ๆ ที่ใช้กับสารกัมมันตรังสีทั้งหมด โดยรวบรวมไว้ในภาชนะที่ได้จัดเตรียมไว้ซึ่งได้ติด ฉลากชนิดของสารกัมมันตรังสีไว้อย่างชัดเจน แยกเก็บขยะที่เป็นของแข็ง และ ของเหลว

4.1.15 หน่วยงานที่มีการปฏิบัติงานรังสีต้องมีห้องหรือบริเวณที่สร้างเป็น ลักษณะ chamber หรือตู้ซึ่งทำจากวัสดุที่สามารถป้องกันการทะลุทะลวงของรังสีเพื่อ ใช้เก็บกากรังสี และรอเวลาให้สารกัมมันตรังสีสลายตัวก่อนส่งไปกำจัดต่อที่สถาบัน เทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) (ดูสถานที่ติดต่อหน้า 23) กากรังสี สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะคือ

4.1.15.1 กากรังสีที่เป็นของแข็ง ให้แยกประเภทว่าเป็นกากที่เผาไหม้ ได้ เช่น กระดาษทุกชนิด ผ้า พลาสติก ยาง เป็นต้น ออกจากประเภทที่เผาไหม้ ไม่ได้ เช่น เครื่องแก้วและโลหะต่าง ๆ โดยเก็บแยกไว้ในถุงพลาสติก (ให้ใช้ถุง พลาสติกอย่างน้อยสองชั้น และมีกระดาษชำระที่กั้นถุงด้านใน) มัดปากถุงให้ แน่น ในกรณีที่เป็นแก้วหรือเศษแก้ว ของมีคม หรือเข็มฉีดยา แนะนำให้ใช้กล่อง กระดาษแทนถุงพลาสติกซึ่งอาจจะฉีกขาดได้ ติดป้ายเตือนว่าเป็นสารกัมมันตรังสี ประเภทใด และปริมาณโดยประมาณเป็นเท่าใด แล้วรอติดต่อสถาบันเทคโนโลยี นิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) มาเก็บไปทำลาย

4.1.15.2 กากรังสีที่เป็นของเหลว ให้เทรวมใส่ในถังพลาสติกโพลี เอทิลีนอย่างหนา (polyethylene tank) ขนาดที่พอเหมาะ ไม่ใหญ่หรือหนักเกินไป มีฝาปิดมิดชิด มีมือจับที่สามารถจับยกเคลื่อนที่ได้ ไม่ควรใช้ขวดแก้วหรือถังที่ทำด้วย โลหะ เพราะอาจจะแตกหรือเกิดสนิมทำให้เกิดการรั่วไหลของสารกัมมันตรังสีได้ ให้

แยกของเหลวที่เป็นสารละลายอินทรีย์ (scintillation fluid) ออกจากของเหลวที่เป็นน้ำไว้คนละถัง พร้อมติดป้ายบอกชนิดของสารกัมมันตรังสี ชนิดของรังสี ความแรงของรังสี และวันที่เก็บกาก รอให้สารกัมมันตรังสีสลายตัว (decay) จนระดับรังสีไม่เป็นอันตราย หรือเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 8 เท่าของครึ่งชีวิต ก่อนที่จะส่งไปกำจัดกากรังสีที่สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

4.1.15.3 กากรังสีเป็นซากสัตว์ทดลอง ให้เก็บในภาชนะมิดชิด ติดฉลากบอกชนิดของสารกัมมันตรังสีให้ชัดเจน แล้วนำไปเก็บแช่แข็งในตู้เย็นที่จัดไว้สำหรับเก็บสารกัมมันตรังสีโดยเฉพาะ เพื่อเตรียมส่งสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ในการกำจัดกากรังสี ห้ามทิ้งกากรังสีลงในท่อน้ำทิ้งหรือถังขยะในห้องปฏิบัติการซึ่งใช้ทิ้งขยะปกติที่ไม่เป็นสารกัมมันตรังสี

4.1.16 ตรวจวัด (monitor) บริเวณที่ใช้สารกัมมันตรังสี ตลอดจนอุปกรณ์และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องโดยใช้เครื่องวัดรังสีซึ่งผ่านการเทียบมาตรฐานอย่างน้อยปีละครั้งจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข หรือสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) หากพบว่ามีสารกัมมันตรังสีเปราะอะเปื้อนบริเวณใด ให้ทำเครื่องหมายแสดงบริเวณที่เปราะอะเปื้อน แล้วให้ทำความสะอาดบริเวณนั้นด้วยน้ำยาขจัดคราบสารกัมมันตรังสี จนระดับความแรงของสารกัมมันตรังสีอยู่ในขั้นปลอดภัย

4.1.17 ผู้ปฏิบัติงานทางรังสีต้องล้างมือให้สะอาดหลังจากทำการทดลองที่เกี่ยวข้องกับสารกัมมันตรังสีและต้องสำรวจว่ามีสารกัมมันตรังสีเปราะอะเปื้อนติดเสื้อผ้าหรือบริเวณส่วนอื่น ๆ ของร่างกายหรือไม่อีกครั้งด้วยเครื่องวัดรังสี

4.1.18 เครื่องแก้ว และ vials ที่ใช้แล้ว ซึ่งมีระดับสารกัมมันตรังสีไม่สูง ให้นำมาแช่น้ำ แล้วเปิดน้ำชะเบา ๆ ให้นาน ๆ ในอ่างล้าง (washing sink) เพื่อลดปริมาณสารกัมมันตรังสี แล้วแช่ในน้ำยาขจัดคราบสารกัมมันตรังสีจนกว่าระดับของสารกัมมันตรังสีอยู่ในขั้นปลอดภัยก่อนที่จะล้างทำความสะอาดเพื่อใช้งานต่อไป

4.1.19 หากเกิดอุบัติเหตุซึ่งทำให้มีสารกัมมันตรังสีเปราะอะเปื้อนเฉพาะแห่ง ให้ทำเครื่องหมายแสดงบริเวณที่เปราะอะเปื้อน แล้วจึงทำความสะอาดบริเวณนั้นด้วยน้ำยาขจัดคราบสารกัมมันตรังสี จนระดับความแรงของสารกัมมันตรังสีอยู่ในระดับปกติ แล้วจึงทำความสะอาดด้วยน้ำต่อไป

4.1.20 ผู้ปฏิบัติงานทางรังสีจะต้องทำการบันทึกปริมาณสารกัมมันตรังสี

แต่ละชนิดที่มีไว้ในครอบครองในห้องปฏิบัติการ บันทึกปริมาณ วันเดือนปีที่นำสารกัมมันตรังสีออกไปใช้ และปริมาณสารกัมมันตรังสีที่เหลือ ตลอดจนปริมาณที่ทิ้งเป็นกากสารกัมมันตรังสี

4.1.21 เมื่อต้องการกำจัดกากสารกัมมันตรังสี ให้ผู้ปฏิบัติงานรังสีหรือผู้รับผิดชอบติดต่อนัดหมายเวลาขอรับบริการกำจัดกากสารกัมมันตรังสีได้ที่

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
เลขที่ 16 อาคาร 9 ชั้น 2 ถนนวิภาวดีรังสิต
แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทร 02-596-7600, 02-562-0123, 02-579-5230-4 9 ต่อ 3218
โทรสาร 02-579-0220, 02-562-0109
Website: <http://www.tint.or.th>

ผู้ใช้บริการต้องกรอกแบบฟอร์ม ให้รายละเอียดของกากสารกัมมันตรังสีที่จะให้มารับไปกำจัดให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในการกำจัดกากกัมมันตรังสี สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติได้ให้เกณฑ์ระดับรังสีของกากกัมมันตรังสีที่เป็นของเหลวและของแข็งไว้คร่าว ๆ ดังนี้

กากของเหลว ในกรณีที่เป็นรังสีแอลฟา ไม่ควรมีความแรงของรังสีรวมกันเกิน 3.7 เบคเคอเรล (Becquerel, Bq) ต่อลิตร
ในกรณีที่เป็นรังสีบีตา ไม่ควรมีความแรงรังสี รวมกันเกิน 37 เบคเคอเรลต่อลิตร

กากของแข็ง ควรมีระดับความเข้มรังสีที่ผิวภาชนะบรรจุเท่ากับระดับปกติ

4.2 สารกัมมันตรังสีชนิดไม่ปิดผนึก (unsealed source) ที่มีระดับพลังงานสูง

4.2.1 การรักษาผู้ป่วยด้วยสารกัมมันตรังสีพลังงานสูง

จากรายงานของ United Nations Scientific on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) เมื่อปี พ.ศ. 2543 พบว่าร้อยละ 90 ของผู้ป่วยที่ใช้สารกัมมันตรังสีพลังงานสูงในการบำบัดรักษาเป็นการใช้สารกัมมันตรังสีไอโอดีน-131 (¹³¹I) ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยสารกัมมันตรังสีไอโอดีน-131 ปริมาณที่เกินกว่า

30 มิลลิคูรี (1,100 MBq) จะไม่ได้รับอนุญาตให้กลับบ้าน โดยจะใช้ค่า activity-based limit ที่กำหนดขึ้นโดยทบวงการปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency: IAEA) เป็นเกณฑ์กำหนดเพื่อเป็นการป้องกันสมาชิกในครอบครัวหรือบุคคลอื่นไม่ให้ได้รับรังสีสูงเกินกว่าขีดจำกัดที่ได้กำหนดให้บุคคลทั่วไปสามารถรับได้ ผู้ป่วยที่ได้รับสารกัมมันตรังสีพลังงานสูงจะต้องถูกจำกัดบริเวณและมีข้อปฏิบัติดังนี้

4.2.1.1 บริเวณที่เป็น controlled area สำหรับผู้ป่วยที่ได้รับการบำบัดรักษาด้วยสารกัมมันตรังสีไอโอดีน-131 ต้องเป็นผนังห้องที่ทำด้วยคอนกรีตหรือตะกั่วที่มีความหนา โดยความหนาของตะกั่ว (ความหนาแน่น 11.35 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) และความหนาของคอนกรีต (ความหนาแน่น 2.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ซึ่งสามารถลดระดับรังสีลงได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (Half-Value Layer: HVL) คือ 0.3 และ 4.7 เซนติเมตร ตามลำดับ ความหนาของตะกั่วและคอนกรีตขึ้นอยู่กับปริมาณสารกัมมันตรังสีที่ใช้ และสามารถคำนวณได้จาก Nuclear Regulatory Commission (NRC) หรือ International Commission on Radiological Protection (ICRP) เรื่องปริมาณรังสีที่บุคคลทั่วไปได้รับต้องไม่เกิน 1 มิลลิซีเวิร์ต (mSv) ต่อปี หรือ 20 ไมโครซีเวิร์ต (μ Sv) ในเวลา 1 ชั่วโมง

4.2.1.2 การออกแบบภายในห้อง จะต้อง มี

- 1) จากตะกั่วขนาดใหญ่ซึ่งมีความหนาเพียงพอสำหรับใช้กำบังรังสี การออกแบบต้องคำนึงถึงโครงสร้างของตัวอาคารในการรับน้ำหนักจากตะกั่วด้วย
- 2) ห้องน้ำที่เป็นส่วนตัวโดยห้ามบุคคลอื่นเข้าไปใช้ร่วม
- 3) สิ่งอำนวยความสะดวกพื้นฐานต่าง ๆ ได้แก่ โต๊ะ เก้าอี้ ถังขยะ ถุงใส่เสื้อผ้าที่ใส่แล้ว ฯลฯ

4.2.1.3 การวางแผนป้องกันอันตรายจากรังสี ต้องปฏิบัติดังนี้

- 1) จัดห้องเฉพาะให้ผู้ป่วยอยู่โดยไม่ปะปนกับผู้อื่นในช่วงเวลาที่กำหนด
- 2) มีระบบระบายอากาศที่เหมาะสม
- 3) มีป้ายสัญลักษณ์ทางรังสีแขวนไว้ที่หน้าจากตะกั่ว บอกปริมาณของสารกัมมันตรังสีไอโอดีน-131 ที่ผู้ป่วยได้รับ วันที่ที่ผู้ป่วยได้รับสารกัมมันตรังสีรวมถึงเวลาที่ปลอดภัยที่เจ้าหน้าที่จะสามารถเข้าไปปฏิบัติงานได้ในแต่ละวัน
- 4) มีถังขยะที่ปูด้วยพลาสติก และมีการวัดอัตราการแผ่รังสีหลังจาก

ผู้ป่วยกลับบ้าน เพื่อประกอบการพิจารณาว่าจะสามารถทิ้งเป็นขยะสามัญได้หรือไม่

5) ผู้ป่วยที่ได้รับอนุญาตให้กลับบ้านได้จะต้องผ่านการตรวจวัดปริมาณรังสีที่เหลือในตัวผู้ป่วย โดยจะวัดปริมาณรังสีที่ระดับคอของผู้ป่วย และห่างจากตัวผู้ป่วยเป็นระยะทาง 1 เมตร กรณีที่เดินทางกลับด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลค่าปริมาณรังสีที่วัดได้ต้องน้อยกว่า 30 มิลลิวีร์ตต่อชั่วโมง (50 ไมโครซีเวิร์ตต่อชั่วโมง) และกรณีที่เดินทางกลับด้วยรถสาธารณะค่าปริมาณรังสีที่วัดได้ต้องน้อยกว่า 1 มิลลิวีร์ตต่อชั่วโมง (20 ไมโครซีเวิร์ตต่อชั่วโมง)

4.2.1.4 เจ้าหน้าที่พยาบาล/เจ้าหน้าที่ซึ่งปฏิบัติงานกับผู้ป่วย ต้องปฏิบัติตัวดังนี้

- 1) การนำเลือด ปัสสาวะ หรือสิ่งขับถ่ายอื่นของผู้ป่วยไปตรวจ ต้องได้รับอนุญาตจากเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสีของหน่วยงานนั้น ๆ
- 2) เจ้าหน้าที่ซึ่งยืนยันว่าตั้งครรภ์ไม่ควรปฏิบัติงานกับผู้ป่วย
- 3) ติดเครื่องวัดรังสี เพื่อตรวจอัตราการได้รับรังสี
- 4) ในการปฏิบัติงาน ควรใช้เวลาสั้นที่สุด และอยู่ห่างจากผู้ป่วยมากที่สุดเท่าที่จะทำได้
- 5) หากเกิดภาวะฉุกเฉินกับผู้ป่วยให้ปฏิบัติตามแนวปฏิบัติในบทที่ 3 อุบัติเหตุทางรังสี

4.2.1.5 การเยี่ยมผู้ป่วย จะต้องปฏิบัติดังนี้

- 1) ญาติหรือผู้ที่มาเยี่ยมผู้ป่วยต้องยื่นหลังจากตะกั่ว
- 2) ห้ามสตรีมีครรภ์และเด็กเยี่ยมผู้ป่วย
- 3) ระยะเวลาในการเยี่ยมผู้ป่วยขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ ซึ่งเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยรังสีจะคำนวณไว้ และติดไว้หน้าห้องผู้ป่วย

4.2.1.6 คำแนะนำสำหรับผู้ป่วยเมื่อผู้ป่วยกลับบ้าน

- 1) งดการมีเพศสัมพันธ์หลังจากออกจากโรงพยาบาล 2 สัปดาห์ และควรคุมกำเนิดอย่างน้อย 1 ปี
- 2) งดเว้นการสัมผัสเด็กทารกอย่างใกล้ชิด เช่นการอุ้ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะเวลา 2-3 วันแรกหลังจากออกจากโรงพยาบาล
- 3) สตรีที่กำลังอยู่ในระยะให้นมบุตร ต้องหยุดให้นมบุตร เพราะสารกัมมันตรังสีจะถูกขับออกทางน้ำนม

4) รักษาสุขภาพลักษณะของตนเองเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีสู่บุคคลอื่น เช่น ล้างมือให้สะอาดหลังจากใช้ห้องน้ำ

5) ให้ดื่มของเหลวเป็นจำนวนมาก ๆ เช่น น้ำผลไม้ ซึ่งจะช่วยให้ปัสสาวะบ่อยๆ เป็นการขจัดสารกัมมันตรังสีออกจากร่างกาย

4.2.2 การวินิจฉัยผู้ป่วยด้วยสารกัมมันตรังสีพลังงานสูง

เนื่องจากเครื่องถ่ายภาพรังสี Positron Emission Tomography (PET) มีบทบาทสำคัญในการวินิจฉัยโรคในปัจจุบัน และสารกัมมันตรังสีที่ใช้ให้พลังงานสูง 511 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ (keV) ผู้ปฏิบัติงานจึงต้องมีแนวปฏิบัติดังต่อไปนี้

4.2.2.1 ห้องต่าง ๆ ที่ใช้งานเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสีที่ให้พลังงานสูงจะต้องออกแบบให้เหมาะสมตามหลักการป้องกันอันตรายจากรังสี เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ปฏิบัติงาน และบุคคลทั่วไปได้รับปริมาณรังสีเกินกว่าค่าปริมาณรังสีที่ยอมรับได้ (dose limit) หากกำหนดความหนาของตะกั่ว (ความหนาแน่น 11.35 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) และความหนาของคอนกรีต (ความหนาแน่น 2.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ซึ่งสามารถลดระดับรังสีลงได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (Half-Value Layer: HVL) คือ 0.5 และ 11 เซนติเมตร ตามลำดับ จะสามารถคำนวณความหนาผนังห้องต่างๆ เช่น ห้องเตรียมสารเภสัชรังสี ห้องฉีดสารเภสัชรังสีห้องพักรักษาผู้ป่วย ห้องถ่ายภาพรังสี และห้องทำงานเจ้าหน้าที่ เป็นต้น โดยอิงจาก Nuclear Regulatory Commission (NRC) หรือ International Commission on Radiological Protection (ICRP) เรื่องปริมาณรังสีที่บุคคลทั่วไปได้รับต้องไม่เกิน 1 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี และสำหรับผู้ปฏิบัติงานต้องไม่เกิน 20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี (ค่าเฉลี่ย 5 ปี) หรือ 50 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี (สำหรับ 1 ปี) หรือ 20 ไมโครซีเวิร์ต ในเวลา 1 ชั่วโมง (ภาคผนวกที่ 1)

4.2.2.2 เจ้าหน้าที่ต้องทำการแนะนำให้ผู้ป่วยเข้าใจขั้นตอนการตรวจอย่างละเอียดก่อนให้สารกัมมันตรังสีแก่ผู้ป่วย

4.2.2.3 ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารกัมมันตรังสีพลังงานสูงต้องติดเครื่องวัดรังสีประจำตัวบุคคลทุกครั้งที่ปฏิบัติงาน

4.2.2.4 ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้เรื่องสารกัมมันตรังสีพลังงานสูง และสามารถเลือกใช้เครื่องกำบังรังสีที่เหมาะสมทุกครั้งเมื่อปฏิบัติงาน เช่น ขณะฉีดสารเภสัชรังสี หรือการเคลื่อนย้ายสารกัมมันตรังสี เป็นต้น

4.2.2.5 ผู้ปฏิบัติงานต้องจัดให้ผู้ป่วยที่ได้รับสารกัมมันตรังสีพักอยู่ภายในห้องพักที่ได้กำหนด (ดูข้อ 4.2.1.2) และมีการวางแผนป้องกันผู้ปฏิบัติงานจากอันตรายที่จะเกิดจากสารกัมมันตรังสี (ดูข้อ 4.2.1.3)

4.2.2.6 ผู้ปฏิบัติงานมีหน้าที่ต้องแนะนำผู้ป่วยที่มีปริมาณรังสีในร่างกายเกินกว่า 1 มิลลิซีเวิร์ต เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการแพร่กระจายสู่ผู้อื่นเมื่อกลับบ้าน เช่น การรักษาสุขลักษณะร่างกาย อาบน้ำชำระร่างกายให้สะอาดทุกวัน ตลอดจนล้างมือให้สะอาดหลังจากเข้าห้องน้ำ เป็นต้น

4.2.2.7 ผู้ป่วยสตรีที่กำลังอยู่ในระยะให้นมบุตร ไม่จำเป็นต้องงดการให้นมบุตร สามารถให้นมบุตรได้หลังจากได้รับสารกัมมันตรังสีแล้วประมาณ 6 ชั่วโมง

บทที่ 5

สารกัมมันตรังสีชนิดปิดผนึก (sealed source)

สารกัมมันตรังสีชนิดปิดผนึก หมายถึง สารกัมมันตรังสีที่ถูกบรรจุอยู่ในภาชนะปิดซึ่งอาจทำด้วยโลหะหรือพลาสติกที่มีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กัน จึงไม่มีอันตรายจากการปนเปื้อนใด ๆ หากภาชนะที่ใช้บรรจุไม่รั่วไหล สารกัมมันตรังสีชนิดปิดผนึกมักใช้ในกระบวนการฉายรังสีเพื่อการรักษา การฉายอาบวัตถุต่าง ๆ รวมถึงผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นต้น ชนิดของสารกัมมันตรังสีอาจเป็นอนุภาคแอลฟา บีตา แกมมา หรือเป็นอนุภาคผสม ตัวอย่างเช่น สารกัมมันตรังสีที่อยู่ในเครื่อง Electron Capture Detector (ECD) หรือในเครื่อง Liquid Scintillation Counter (LSC) เป็นต้น ระดับของสารกัมมันตรังสีอาจน้อยมากในระดับไม่กี่ ไมโครคูรี จนถึงระดับสูงมากเป็นหลายร้อยคูรี ดังนั้นจึงแบ่งสารกัมมันตรังสีชนิดปิดผนึกออกได้ตามลักษณะและระดับความแรงของรังสีดังนี้

1) สารกัมมันตรังสีปิดผนึกที่มีสารรังสีที่ให้อนุภาคบีตาและแกมมาในระดับพลังงานต่ำ (ตั้งแต่ 1-10 กิโลเบคเคอเรล) และไม่เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือ ตัวอย่างเช่น ไอโอดีน-129 (^{129}I) คลอรีน-36 (^{36}Cl) และคาร์บอน-14 (^{14}C) เป็นต้น

2) สารกัมมันตรังสีปิดผนึกที่มีสารรังสีที่ให้อนุภาคบีตาและแกมมาในระดับพลังงานต่ำ และเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือ ตัวอย่างเช่น เรเดียม-226 (^{226}Ra) และซีเซียม-137 (^{137}Cs) ในเครื่อง gas chromatograph และนิเกิล-63 (^{63}Ni)

ในเครื่อง liquid scintillation counter เป็นต้น

3) สารกัมมันตรังสีระดับพลังงานสูง ได้แก่ ซีเซียม-137 หรือโคบอลต์-60 ซึ่งบรรจุอยู่ใน irradiator และเครื่องฉายรังสี

4) สารกัมมันตรังสีที่ทำให้กำเนิดอนุภาคนิวตรอน เช่น แคลิฟอร์เนียม-252 (^{252}Cf) หรือ พลูโทเนียม-238/ เบริลเลียม ($^{238}\text{Pu/Be}$) ซึ่งอาจจะเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือหรือไม่ก็ได้

หลักการจัดเก็บสารกัมมันตรังสีชนิดปิดผนึก

การจัดเก็บสารกัมมันตรังสีชนิดปิดผนึกมีหลักการทั่วไปดังนี้คือ

1) จัดเก็บตามคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ตลอดจนชนิดของวัสดุที่ใช้ในการห่อหุ้มสารกัมมันตรังสี

2) จัดเก็บโดยพิจารณาว่าสารกัมมันตรังสีเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือ หรือใช้งานเอกเทศโดยไม่เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือ

3) แสดงสถานที่เก็บหรือตำแหน่งที่วางสารกัมมันตรังสีชนิดปิดผนึก เช่น หมายเลขห้อง อาคารที่ตั่ง ฯลฯ

4) แสดงรายละเอียดของ วัน เดือน ปี ที่ครอบครอง และการเคลื่อนย้ายสถานที่ หรือตำแหน่งที่เก็บ

การบำบัดรักษาโรคโดยการใช้สารกัมมันตรังสีชนิดปิดผนึกที่มีระดับพลังงานสูง

สารกัมมันตรังสีชนิดปิดผนึกที่มีระดับพลังงานสูงส่วนใหญ่จะใช้ในทางการแพทย์ เพื่อทำการรักษาผู้ป่วยมะเร็ง การบำบัดรักษาโรคมะเร็งโดยการใช้รังสีจากต้นกำเนิดรังสีชนิดก่อให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน (ionizing radiation) ไปทำลายเซลล์มะเร็ง ซึ่งการบำบัดรักษาโรคโดยการใช้รังสีจะเรียกว่า รังสีรักษา (radiation therapy) โดยสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การรักษาด้วยรังสีจากระยะไกล (teletherapy) และการใช้ต้นกำเนิดรังสีวาง ผัง หรือสอดใส่ ในตำแหน่งที่ต้องการจะรักษาซึ่งเรียกว่า การรักษาด้วยรังสีระยะใกล้ (brachytherapy)

5.1 การรักษาด้วยรังสีระยะไกล (teletherapy)

เครื่องมือที่ใช้จะเรียกว่า เครื่องฉายรังสี ปัจจุบันนี้มีการใช้สารกัมมันตรังสีโคบอลต์-60 ซึ่งให้รังสีแกมมา นอกจากนี้ยังมีเครื่องฉายรังสีชนิดเร่งอนุภาคอิเล็กตรอน (linear accelerator) ซึ่งให้รังสีเอกซ์ โดยการเร่งอนุภาคอิเล็กตรอนผ่านท่อเร่งให้วิ่งไปชนเป้า (target)

5.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของสารกัมมันตรังสีโคบอลต์-60

ธาตุโคบอลต์-60 ไม่มีอยู่ตามธรรมชาติ ผลิตได้โดยการนำธาตุโคบอลต์-59 (^{59}Co) ซึ่งเป็นธาตุที่เสถียร ไปอบนิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู ซึ่งจะได้เป็นธาตุกัมมันตรังสีโคบอลต์-60 มีค่าครึ่งชีวิต 5.26 ปี สลายตัวให้รังสีแกมมา 2 ค่าพลังงาน คือ 1.17 เมกกะอิเล็กตรอนโวลต์ (MeV) และ 1.33 MeV และอนุภาคบีตาพลังงาน 0.138 MeV และจะสลายตัวไปเป็นธาตุนิกเกิล-60 (^{60}Ni)

เครื่องฉายรังสีโคบอลต์-60 โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยส่วนหัว (housing or head unit) ภายในบรรจุสารกัมมันตรังสีโคบอลต์-60 ซึ่งสารกัมมันตรังสีนี้จะมีขนาดเล็ก ๆ (grain) เป็นจำนวนมากโดยบรรจุอยู่ในภาชนะ stainless steel รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร และสูง 2-2.5 เซนติเมตร ขนาดความแรงของต้นกำเนิดรังสีที่บรรจุอยู่ จะมีค่ากัมมันตภาพตั้งต้นประมาณ 5,000-12,000 คูรี โดยส่วนหัวจะประกอบกับส่วนต่าง ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกในการฉายรังสี ซึ่งเรียกรวมว่า gantry ซึ่งจะมีรูปร่างเป็นรูปตัว C หรือตัว L โดยชุด gantry นี้จะแขวนติดอยู่กับแท่นที่ยึดติดกับพื้น และสามารถเคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบแกนหมุน อีกส่วนจะเป็นเตียงผู้ป่วยที่สามารถปรับระดับสูงต่ำ และเลื่อนเข้าหรือออกได้ตามต้องการ ในส่วนหัวจะมีกลไกในการควบคุมหรือใช้ระบบขับเคลื่อนต้นกำเนิดรังสี ให้เคลื่อนต้นกำเนิดรังสีมายังตำแหน่งช่องเปิด เมื่อฉายรังสีครบตามเวลาที่ได้ตั้งไว้ ต้นกำเนิดรังสีก็จะเลื่อนเข้าไปอยู่ในที่เก็บปกติโดยอัตโนมัติ

เนื่องจากขณะฉายรังสี ปริมาณรังสีที่ออกมามีค่าสูง จึงจำเป็นต้องมีห้องฉายรังสีที่ได้รับการออกแบบมาโดยเฉพาะ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานและประชาชนทั่วไปปลอดภัยจากรังสี โดยทั่วไปส่วนควบคุมการฉายรังสี (control room) จะอยู่ภายนอกห้องฉายรังสี ดังนั้นในการปฏิบัติงานผู้ปฏิบัติงานจะมีโอกาสได้รับรังสีใน 2 กรณี คือ รังสีรั่วจากหัวเครื่อง (radiation leakage) ขณะต้นกำเนิดรังสีอยู่ในที่เก็บปกติ (beam OFF) และรังสีรั่วไหลขณะทำการฉายรังสี โดยประชาชนทั่วไปจะมี

โอกาสได้รับรังสีเฉพาะส่วนที่รังสีรั่วจากผนังห้องและบริเวณประตูขณะทำการฉายรังสีเท่านั้น

5.1.2 ข้อกำหนดที่ควรทราบ

5.1.2.1 ผู้มีไว้ในครอบครอง ใช้ นำเข้า หรือส่งออก สารกัมมันตรังสีโคบอลต์-60 สำหรับเครื่องฉายรังสีต้องได้รับอนุญาตจากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ และการขออนุญาตให้ปฏิบัติตามกฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนดเงื่อนไข วิธีการขอรับใบอนุญาต และการดำเนินการเกี่ยวกับวัสดุนิวเคลียร์พิเศษ วัสดุต้นกำเนิด วัสดุพลอยได้ หรือพลังงานปรมาณู พ.ศ. 2550

5.1.2.2 ตามแนบท้ายประกาศคณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กำหนดให้สารกัมมันตรังสีโคบอลต์-60 สำหรับเครื่องฉายรังสีจัดอยู่ในประเภท “วัสดุพลอยได้กลุ่มที่ 1” และใบอนุญาตมีไว้ในครอบครองหรือใช้มีอายุ 1 ปี

5.1.2.3 ผู้ได้รับอนุญาตต้องจัดทำรายงานแสดงสถานะ จำนวน และปริมาณของสารกัมมันตรังสีที่มีไว้ในครอบครองและให้ส่งรายงานดังกล่าวให้สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติทุก 60 วัน

5.1.2.4 ผู้ได้รับอนุญาตต้องระมัดระวังมิให้บุคคลที่ทำงานในบริเวณรังสีได้รับรังสีทั่วร่างกาย เฉลี่ยในช่วง 5 ปีติดต่อกันเกิน 20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี และในแต่ละปีต้องไม่ได้รับรังสีเกิน 50 มิลลิซีเวิร์ต และต้องระมัดระวังมิให้ประชาชนทั่วไปได้รับรังสีทั่วร่างกายเกิน 1 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี

5.1.2.5 ผู้รับใบอนุญาตเกี่ยวกับวัสดุพลอยได้ ที่ประสงค์จะขอต่อใบอนุญาต ให้ยื่นคำขอต่อใบอนุญาตพร้อมด้วยเอกสาร หลักฐาน ต่อพนักงานเจ้าหน้าที่ ณ สำนักงานไม่น้อยกว่า 30 วันก่อนวันที่ใบอนุญาตสิ้นสุด

5.1.2.6 การมีไว้ในครอบครอง ใช้ นำเข้า หรือส่งออก สารกัมมันตรังสีโคบอลต์-60 สำหรับเครื่องฉายรังสี โดยไม่มีใบอนุญาตถือว่าเป็นความผิดและมีบทลงโทษ ตามพระราชบัญญัติพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ พ.ศ. 2504

5.1.3 ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของเครื่องฉายรังสีโคบอลต์-60

5.1.3.1 สารกัมมันตรังสีโคบอลต์-60 ที่ใช้สำหรับเครื่องฉายรังสีต้องเป็นสารกัมมันตรังสีชนิดปิดผนึก (sealed source) รูปแบบพิเศษ (special form) ซึ่งผลิตตามมาตรฐานสากล เช่น ตามข้อกำหนดของ International

Standard Organization (ISO) หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่าและต้องผ่านการทดสอบการรั่วของสารกัมมันตรังสี โดยมีใบรับรองการทดสอบดังกล่าว

5.1.3.2 เครื่องฉายรังสีโคบอลต์-60 ต้องได้รับการผลิตตามมาตรฐานสากล เช่น ตามข้อกำหนดของ International Electrotechnical Commission (IEC) หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

5.1.3.3 ระดับรังสีสูงสุดภายนอกเครื่องฉายรังสีที่ระยะ 1 เมตร จากต้นกำเนิดรังสี เมื่อปรับจุดต้นกำเนิดรังสีที่มีกัมมันตภาพสูงสุดขณะไม่มีการใช้งาน (beam OFF position) ต้องมีค่าไม่เกิน 100 ไมโครซีเวิร์ต ต่อชั่วโมง และระดับรังสีเฉลี่ยโดยรอบเครื่องที่ระยะ 1 เมตร จากต้นกำเนิดรังสีต้องมีค่าไม่เกิน 20 ไมโครซีเวิร์ตต่อชั่วโมง

5.1.3.4 ระดับรังสีสูงสุดภายนอกเครื่องฉายรังสีที่ระยะ 1 เมตร จากต้นกำเนิดรังสีขณะใช้งาน (beam ON position) ต้องมีค่าไม่มากกว่า 0.1 เปรอร์เซ็นต์ของระดับรังสีใช้งาน (useful beam) ที่ระยะ 1 เมตร

5.1.4 เครื่องฉายรังสีโคบอลต์-60 ต้องมีอุปกรณ์ประกอบเพื่อความปลอดภัยดังต่อไปนี้

สัญญาณแสดงและ/หรือระบบ interlock ของ

- 1) ประตูห้องฉายรังสี
- 2) head lock
- 3) ตำแหน่งต้นกำเนิดรังสีเมื่ออยู่นอกเครื่องกำบัง (off shield)
- 4) ระบบควบคุมด้วยมือ (hand control)
- 5) หมวดยุทธวิธี (treatment mode-fixed, arc, rotation)
- 6) อุปกรณ์ขับเคลื่อนต้นกำเนิดรังสี (source drawer หรือ shutter)
- 7) สวิตช์ฉุกเฉินเพื่อหยุดการฉายรังสี (emergency stop button)

สัญญาณแสดงที่หัวเครื่องฉายรังสี ดังนี้

- 1) สัญญาณแสดงเมื่อ beam OFF
- 2) สัญญาณแสดงเมื่อ beam ON
- 3) สัญญาณแสดงเมื่อ head lock
- 4) ตัวเลขแสดงตำแหน่งการหมุนของ collimator
- 5) ตัวเลขและแสงไฟแสดงสัญญาณขนาดลำรังสี (light field

displays)

6) ควรมีสัญญาณแสดงต้นกำเนิดรังสีอยู่นอกเครื่องกำบัง (off shield indicator)

สัญญาณแสดงที่แผงควบคุม ดังนี้

สัญญาณแสดงเมื่อ beam OFF

สัญญาณแสดงเมื่อ beam ON

สัญญาณแสดงเมื่อ head lock

ควรมีตัวเลขแสดงตำแหน่งของแขนเครื่องฉายรังสี (arm/gantry position indicator)

สัญญาณแสดงตำแหน่งปิด-เปิด ของประตูห้องฉายรังสี

แผงควบคุมต้องมีอุปกรณ์ ดังนี้

สวิตช์ปิด-เปิด เครื่อง

reset switch

beam OFF switch

beam ON switch

สวิตช์ฉุกเฉินเพื่อหยุดการฉายรังสี (emergency stop button)

สวิตช์ตั้งเวลาและแสดงเวลาที่ฉายและควรมีระบบควบคุมเวลาสำรอง (secondary timer)

สวิตช์เลือกโหมดการฉายรังสี (fixed, arc, skip, rotation)

สวิตช์เลือกการหมุนของแกนหัวเครื่องฉาย (ตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกา)

5.1.4.3 ต้องมีอุปกรณ์ฉุกเฉินสำหรับนำสารกัมมันตรังสีเข้าที่เก็บ ในกรณีเกิดการติดค้างของสารกัมมันตรังสี ติดไว้บริเวณประตูห้องฉายรังสี หรือ บริเวณที่สะดวกต่อการใช้งาน ทั้งนี้แล้วแต่รุ่นของเครื่องฉายรังสี

5.1.4.4 ต้องมีป้ายเตือนรังสีเป็นภาษาไทย ติดให้เห็นโดยเด่นชัดที่ หัวเครื่องฉายรังสี

5.1.4.5 ต้องมีอุปกรณ์วัดรังสีชนิด area monitor ติดไว้ที่ห้องฉายรังสี สำหรับวัดปริมาณรังสีเพื่อเป็นการตรวจสอบว่ามีรังสีอยู่จริงขณะ beam ON และเพื่อเป็นการตรวจสอบอีกครั้งเมื่อสารกัมมันตรังสีกลับเข้าที่ (beam OFF)

5.1.5 มาตรการเพื่อความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องฉายรังสี โคบอลต์-60

5.1.5.1 ผู้ปฏิบัติงานฉายรังสี ต้องเป็นผู้มีความรู้และความชำนาญในการใช้เครื่องเป็นอย่างดี โดยผ่านการฝึกอบรมและฝึกฝนการใช้งานจนเกิดความชำนาญ และมีความรู้ด้านการป้องกันอันตรายจากรังสี

5.1.5.2 การใช้เครื่องฉายรังสี ให้ใช้เฉพาะการบำบัดรักษาผู้ป่วยตามที่แพทย์กำหนด กรณีต้องการใช้งานในวัตถุประสงค์อื่น ให้อยู่ในการควบคุมดูแลของนักฟิสิกส์การแพทย์

5.1.5.3 ควรมีขั้นตอนการปฏิบัติงานและแนวปฏิบัติกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินโดยย่อ ติดไว้ให้เห็นโดยเด่นชัดบริเวณที่ปฏิบัติงาน

5.1.5.4 ผู้ปฏิบัติงานฉายรังสีต้องมีอุปกรณ์บันทึกรังสีประจำตัวบุคคล และติดทุกครั้งเมื่อปฏิบัติงาน ผู้ที่ไม่มีอุปกรณ์บันทึกรังสีประจำตัวบุคคลห้ามปฏิบัติงานโดยเด็ดขาด

5.1.5.5 ก่อนใช้เครื่องฉายรังสี ต้องแน่ใจว่าเครื่องอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้เป็นปกติ โดยทั่วไปเครื่องต้องได้รับการตรวจสอบสภาพเป็นประจำตามระยะเวลาที่กำหนด

5.1.5.6 ต้องมีเครื่องวัดรังสี (portable survey meter) ที่อยู่ในสภาพใช้งานได้และผ่านการปรับเทียบมาตรฐานแล้ว อยู่ในห้องควบคุมหรือบริเวณใกล้เคียง ซึ่งสามารถหยิบใช้ได้ทันทีที่ต้องการ

5.1.5.7 ขณะปฏิบัติงานใกล้ชิดกับเครื่องฉายรังสี ให้ปฏิบัติงานด้วยความระมัดระวัง และหลีกเลี่ยงการได้รับรังสีโดยไม่จำเป็น

5.1.5.8 ต้องแน่ใจว่าไม่มีบุคคลใด ๆ ยกเว้นผู้ป่วยอยู่ในห้อง ขณะเริ่มทำการฉายรังสี

5.1.5.9 ต้องเฝ้าดูผู้ป่วยตลอดเวลาขณะทำการฉายรังสี เมื่อผู้ป่วยเคลื่อนไหวต้องหยุดฉายรังสีทันที และเข้าไปตรวจสอบความถูกต้องของขอบเขตลำรังสีก่อนเริ่มฉายรังสีใหม่

5.1.5.10 หลังสิ้นสุดการฉายรังสีแต่ละครั้ง ก่อนเข้าห้องฉายฯ ต้องแน่ใจว่าต้นกำเนิดได้ถูกเก็บในตำแหน่งเก็บปกติแล้ว โดยให้สังเกตที่แผงควบคุมเครื่อง สัญญาณไฟ และระดับรังสีจากเครื่องวัดรังสี

5.1.5.11 ขณะปฏิบัติงานหากพบว่ามีสิ่งผิดปกติหรือเกิดเหตุฉุกเฉิน ให้ระงับการปฏิบัติงานและปฏิบัติตามแผนฉุกเฉินที่ได้เตรียมไว้ และให้แจ้งเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสีในทันที ตัวอย่างเหตุผิดปกติที่อาจพบได้ เช่น

- 1) เครื่องฯ ไม่หยุดการฉายรังสี ขณะที่สิ้นสุดเวลาที่ตั้งไว้
- 2) ระบบ door interlock ไม่ทำงาน
- 3) เครื่องฯ ไม่สามารถฉายรังสีได้ หรือฉายไม่ครบตามเวลาที่ตั้งไว้
- 4) เครื่องฉายรังสีได้เอง ขณะที่ยังไม่ได้เริ่มฉาย
- 5) ฟังก์ชันอื่น ๆ ของเครื่องผิดปกติ

5.1.5.12 ควรมีการบำรุงรักษาเครื่องฉายรังสีเป็นประจำ ตามคำแนะนำในคู่มือการใช้งาน

5.1.5.13 กรณีที่เครื่องฉายรังสีมีส่วนที่ปฏิบัติงานด้วยระบบลม เช่น ระบบ source drawer ควรตรวจสอบ pressure gauge ของ source drawer ดังกล่าว อย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง

5.1.6 การตรวจวัดรังสี

5.1.6.1 เมื่อติดตั้งเครื่องใหม่ ผู้ได้รับอนุญาตต้องจัดให้มีการตรวจวัดรังสี และต้องตรวจซ้ำเมื่อมีการเปลี่ยนถ่ายต้นกำเนิดรังสีใหม่ มีการเปลี่ยนแปลงบริเวณโดยรอบห้องฉายรังสี หรือมีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางรังสี

การวัดรังสีให้ดำเนินการตรวจวัดระดับรังสีที่หัวเครื่องฉายขณะไม่มีการฉายรังสี โดยที่ระดับรังสีที่หัวเครื่องฉาย ต้องไม่เกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และตรวจวัดระดับรังสีนอกห้องโดยรอบขณะมีการฉายรังสี โดยหันรังสีปฐุมภูมิไปยังทิศต่าง ๆ ตามลักษณะการใช้งานจริง ดำเนินการวัดรังสีที่ผนังทุกด้านทั้งที่รับรังสีปฐุมภูมิและรังสีทุติยภูมิ จากนั้นให้ประเมินปริมาณรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานและประชาชนทั่วไปอาจได้รับ

5.1.6.2 ขณะใช้งานตามปกติ ให้ดำเนินการตรวจวัดระดับรังสีตามข้อ 5.1.6.1 ซ้ำ อย่างน้อย 3 เดือนต่อครั้ง และจัดเก็บผลการตรวจวัดไว้เพื่อการตรวจสอบจากเจ้าหน้าที่ต่อไป

5.1.6.3 กรณีที่พบว่าปริมาณรังสีมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในข้อ 5.1.3.3 ห้ามมิให้ใช้งานเครื่องฉายรังสี และให้แจ้งสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติทราบใน

ทันที

5.1.6.4 ให้ตรวจสอบการรั่วของสารกัมมันตรังสี โดยวิธี wipe test บริเวณโดยรอบหัวเครื่องฉายรังสีและด้านในของ collimator อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และจัดเก็บผลการตรวจสอบไว้ หากพบการรั่วของสารกัมมันตรังสีเกินกว่า 0.005 ไมโครคูรี ให้ระงับการใช้งานและแจ้งให้สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ทราบในทันที

5.1.7 การขนส่งสารกัมมันตรังสีโคบอลต์-60

5.1.7.1 การขนส่งสารกัมมันตรังสี ให้ปฏิบัติตามมาตรการและวิธีการขนส่งสารกัมมันตรังสีและกากกัมมันตรังสี ตามที่คณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติกำหนด (พ.ป.ส. 10 พร.-1-01) และต้องจัดทำแผนและรายงานการขนส่งตามแนวปฏิบัติการจัดทำแผนการขนส่งสารกัมมันตรังสีและกากกัมมันตรังสี ตามที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติกำหนด

5.1.7.2 ในกรณีที่ขนส่งทางบก พาหนะที่ใช้ต้องมีน้ำหนักบรรทุกมากกว่าน้ำหนักรวมของภาชนะบรรจุต้นกำเนิดรังสี

5.1.7.3 ผู้ขับขี่ต้องมีใบอนุญาตขับขี่ประเภทที่ 4

5.1.7.4 ควรหลีกเลี่ยงเส้นทางและเวลาที่มีการจราจรคับคั่ง

5.1.7.5 ควรมีเจ้าหน้าที่สำรวจร่วมในการเดินทาง เพื่อการรักษาความปลอดภัยและมั่นคง (safety and security) ของต้นกำเนิดรังสี

5.1.7.6 ต้องมีเอกสารกำกับ การขนส่ง ซึ่งระบุรายละเอียดของสารกัมมันตรังสีที่ขนส่ง และวิธีปฏิบัติกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน

5.1.7.7 ผู้ควบคุมการขนส่งต้องร่วมเดินทางไปจนถึงปลายทาง และต้องมีเครื่องวัดรังสีที่สามารถใช้งานได้ทันที

5.1.7.8 ผู้ควบคุมการขนส่งต้องตรวจสอบสภาพภาชนะบรรจุ และทำการตรวจวัดรังสีโดยรอบภาชนะบรรจุก่อนทำการขนขึ้นรถ

5.1.7.9 ให้ติดป้ายขนส่งที่ภาชนะบรรจุ พร้อมระบุรายละเอียดให้ครบถ้วน เช่น ชื่อธาตุ ค่ากัมมันตภาพ และค่าดัชนีขนส่ง (transport index)

5.1.7.10 ผู้เกี่ยวข้องกับ การขนส่งทุกคน ต้องมีอุปกรณ์บันทึกรังสีประจำตัวบุคคล และได้รับคำแนะนำด้านการป้องกันอันตรายจากรังสีอย่างพอเพียง

5.1.7.11 การจัดวางภาชนะบรรจุบนรถ ควรอยู่ห่างจากบริเวณคน

ขับให้มากที่สุดเท่าที่สามารถกระทำได้

5.1.7.12 ภาชนะบรรจุต้องยึดตรึงอย่างแน่นหนากับตัวรถ โดยต้องแน่ใจว่าภาชนะบรรจุต้องไม่พลัดตกจากรถขณะทำการขนส่ง

5.1.7.13 ก่อนการเดินทางผู้ควบคุมขนส่งต้องตรวจวัดรังสีโดยรอบรถ และบริเวณคนขับและให้บันทึกผลการตรวจวัดไว้

5.1.7.14 ให้ติดป้ายเตือนทางรังสีโดยรอบรถ ตามที่กำหนด

5.1.7.15 ขณะเดินทางต้องไม่ใช้ความเร็วเกินกว่าที่ระบุในแผนการขนส่ง และเมื่อมีการจอดพัก ต้องมีผู้ดูแลต้นกำเนิดรังสีตลอดเวลา ห้ามทิ้งต้นกำเนิดรังสีโดยปราศจากการดูแลโดยเด็ดขาด

5.1.7.16 เมื่อเดินทางถึงที่หมาย ให้ผู้ควบคุมการขนส่งตรวจวัดระดับรังสีโดยรอบภาชนะบรรจุอีกครั้งก่อนการขนภาชนะลงจากรถ

5.1.7.17 ให้ผู้ควบคุมการขนส่งตรวจสอบปริมาณรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานทุกคนได้รับจากอุปกรณ์บันทึกรังสีประจำตัวบุคคลชนิดอ่านค่าได้ทันที

5.2 การรักษาด้วยรังสีระยะใกล้ (brachytherapy)

ข้อมูลเบื้องต้นของสารกัมมันตรังสีที่ใช้ในงานรังสีระยะใกล้ (brachytherapy)

สารกัมมันตรังสี	ครึ่งชีวิต	พลังงาน
ซีเซียม-137	30 ปี	แกมมา 0.661 MeV
อิริเดียม-192	74 วัน	อนุภาคบีตา 0.666 MeV และ 0.535 MeV แกมมา 0.316 MeV และ 0.468 MeV
ไอโอดีน-125	60 วัน	อนุภาคบีตา 30 KeV แกมมา 35.5 KeV

5.2.1 ลักษณะวิธีการรักษาด้วยการให้รังสีระยะใกล้

การรักษาด้วยรังสีระยะใกล้ ก็คือการนำเอาต้นกำเนิดรังสีที่เป็นสารกัมมันตรังสีวาง สอดใส่ หรือฝัง อาจจะเป็นแบบชั่วคราว คือเมื่อได้ปริมาณรังสีตามที่ต้องการแล้ว ก็จะเก็บนำมาใช้กับผู้ป่วยอื่นต่อไป หรือจะเป็นการฝังเข้าไปในบริเวณที่จะทำการรักษาแบบถาวร (permanent implant)

การรักษาด้วยรังสีระยะใกล้ จะแบ่งตามอัตราการแผ่รังสีของต้นกำเนิดรังสี ดังนี้

5.2.1.1 High Dose Rate (HDR) ปริมาณรังสีต่อเวลาในจุดที่กำหนดมากกว่า 12 เกรย์ต่อชั่วโมง (Gy/h)

5.2.1.2 Medium Dose Rate (MDR) ปริมาณรังสีต่อเวลาในจุดที่กำหนดระหว่าง 2-12 เกรย์ต่อชั่วโมง

5.2.1.3 Low Dose Rate (LDR) ปริมาณรังสีต่อเวลาในจุดที่กำหนดน้อยกว่า 2 เกรย์ต่อชั่วโมง

ลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการรักษาด้วยการให้รังสีระยะใกล้ ในปัจจุบันจะเป็นแบบ remote control afterloading โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามอัตราการแผ่รังสี คือ ชนิด LDR และ HDR โดยที่เครื่อง LDR จะใช้สารกัมมันตรังสีซีเซียม-137 มีลักษณะเป็นเม็ดกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร หุ้มด้วย stainless steel หนา 0.5 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางรวมเท่ากับ 2.5 มิลลิเมตร มีค่ากัมมันตภาพ (activity) ประมาณ 40 มิลลิคูรีต่อ 1 เม็ด จำนวนที่นำมาใช้รักษาจะมีไม่เกิน 48 เม็ด โดยสารกัมมันตรังสีทั้งหมดจะจัดเก็บอยู่ในที่เก็บ (safety storage) ภายในตัวเครื่อง ซึ่งบริเวณตัวเครื่องจะมีสายนำสารกัมมันตรังสีต่อเข้ากับเครื่องมือวาง สอดใส่ หรือฝัง (applicator) ระบบขับเคลื่อนสารกัมมันตรังสีจะใช้ลมดัน (pneumatic) ผ่านสายนำเข้าสู่เครื่องมือดังกล่าวซึ่งอยู่ในตัวผู้ป่วย การใช้งานทำได้โดยการตั้งโปรแกรมจำนวนเม็ดของสารกัมมันตรังสีที่ใช้ในแต่ละช่องและตั้งเวลาในการทำงาน เมื่อครบเวลาที่ตั้งไว้ สารกัมมันตรังสีก็จะเคลื่อนที่กลับเข้าไปเก็บในที่จัดเก็บโดยอัตโนมัติ

เครื่องชนิด HDR จะใช้สารกัมมันตรังสีอิริเดียม-192 (¹⁹²Ir) ขนาดความแรง 10 คูรี มีลักษณะเป็นแคปซูลขนาดเล็ก มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.6 มิลลิเมตร ยาว 8-10 มิลลิเมตรโดยยึดติดกับปลายเส้นลวดยาวที่ต่อกับส่วนขับเคลื่อน

ตัวเครื่องจะสามารถต่อกับเครื่องมือ (applicator) ได้ตั้งแต่ 3-24 ช่อง ลักษณะการใช้งานจะเหมือนกับเครื่องมือชนิด LDR

ส่วนไอโอดีน-125 จะมีลักษณะเป็นแคปซูลขนาดเล็กมาก (seed) ในงานการรักษาด้วยรังสีระยะใกล้ จะมีค่ากัมมันตภาพตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.6 มิลลิวูรี โดยใช้ในลักษณะการฝังแบบถาวร (permanent implant) คือ เมื่อแพทย์ทำการฝังไอโอดีน-125 ไว้ในบริเวณก้อนเนื้อออก (tumor) และจะปล่อยไอโอดีน-125 ไว้ในตัวผู้ป่วยโดยไม่มีการนำกลับมาใช้ใหม่

5.2.2 ข้อกำหนดความปลอดภัยของเครื่องใส่แร่ (remote after-loading brachytherapy unit)

5.2.2.1 เครื่องใส่แร่ต้องผลิตและผ่านการทดสอบการใช้งานตามมาตรฐานของ International Electrotechnical Commission (IEC) หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

5.2.2.2 สารกัมมันตรังสีที่ใช้ต้องผลิตและผ่านการทดสอบการใช้งานตามมาตรฐานของ International Standard Organization (ISO) หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

5.2.2.3 มีความแม่นยำในการวางตำแหน่งของสารกัมมันตรังสี (source position reproducibility) ไม่เกิน +1 มิลลิเมตร

5.2.2.4 มีกลไกในการนำสารกัมมันตรังสีกลับเข้าสู่ที่เก็บอัตโนมัติเมื่อมีการขัดข้องของระบบไฟฟ้า และ/หรือเมื่อระบบ interlock ทำงาน

5.2.2.5 สำหรับเครื่อง HDR ต้องมีกลไกในการนำสารกัมมันตรังสีเข้าเก็บด้วยการใช้มือดึงหรือหมุนสายกลับเข้าสู่ที่เก็บ (safe position) ได้

5.2.2.6 ระดับรังสีภายนอกภาชนะบรรจุ เมื่อบรรจุสารกัมมันตรังสีที่มีค่ากัมมันตภาพสูงสุด (maximum capacity) ต้องมีค่าไม่เกินค่าที่ระบุจากบริษัทผู้ผลิต

5.2.2.7 มีสัญลักษณ์ทางรังสี คำเตือนทางรังสีเป็นภาษาไทยรวมอยู่ด้วย ป้ายชื่อสารกัมมันตรังสี บริษัทผู้ผลิต หมายเลขกำกับ ค่ากัมมันตภาพ และจำนวนสารกัมมันตรังสี ที่มีอยู่ในขณะนั้นติดให้เห็นโดยเด่นชัด

5.2.2.8 มีอุปกรณ์เพื่อตรวจสอบและควบคุมคุณภาพแต่ละชนิดของเครื่อง

5.2.2.9 ห้ามเปลี่ยนถ่ายสารกัมมันตรังสีที่ต่างจากมาตรฐานของบริษัทผู้ผลิตเครื่อง ยกเว้นมีหนังสือรับรองจากบริษัทผู้ผลิตหรือหน่วยงานที่ได้รับการรับรองจากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติโดยมีข้อกำหนดที่ควรทราบเช่นเดียวกับข้อ 5.1.2

5.2.2.10 ต้องมีอุปกรณ์บรรจุสารกัมมันตรังสีที่มีเครื่องกำบังรังสีเป็นอย่างดีและปากคีบชนิดยาว (long forcep) เตรียมพร้อมไว้กรณีสารกัมมันตรังสีหลุดกระเด็นออกจากบริเวณที่จัดเก็บหรือขณะใช้งาน

5.2.2.11 ต้องมีอุปกรณ์ area monitor ติดตั้งในห้องใส่แร่เพื่อวัดปริมาณรังสีและตรวจสอบว่าสารกัมมันตรังสีอยู่ ณ ตำแหน่งที่ปลอดภัยหรือไม่

5.2.3 ข้อเสนอแนะปฏิบัติปฏิบัติงานด้วยเครื่องใส่แร่ (remote afterloading)

5.2.3.1 เครื่องใส่แร่และอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยต่าง ๆ ต้องได้รับการตรวจสอบสภาพการใช้งานเป็นประจำตามคำแนะนำที่ระบุจากบริษัทผู้ผลิตตามระยะเวลาที่กำหนด

5.2.3.2 ต้องมีระบบบัญชีควบคุมสารกัมมันตรังสี โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารกัมมันตรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้น ต้องสามารถตรวจสอบสถานะภาพของสารกัมมันตรังสีได้ตลอดเวลาว่า อยู่ในระหว่างการใช้งาน จัดเก็บเพื่อรอการส่งออกนอกประเทศ หรือได้จัดส่งออกนอกประเทศแล้ว

5.2.3.3 ต้องมีการตรวจวัดระดับรังสีโดยรอบภาชนะบรรจุและตรวจสอบการรั่วของสารกัมมันตรังสีเป็นประจำ และให้บันทึกและจัดเก็บผลการตรวจสอบดังกล่าวไว้

5.2.3.4 มีการทดสอบการทำงานของเครื่องก่อนใช้งานจริงทุกครั้ง

5.2.3.5 ต้องแน่ใจว่าไม่มีบุคคลอื่นใดอยู่ในห้อง ยกเว้นผู้ปวยขณะทำการรักษา

5.2.3.6 เมื่อเสร็จสิ้นการรักษาทุกครั้ง ต้องแน่ใจว่าสารกัมมันตรังสีได้ถูกจัดเก็บในภาชนะบรรจุแล้ว โดยสังเกตที่ area monitor พร้อมทั้งมี portable survey meter ถู้อเข้าไปในห้องการรักษาด้วย เพื่อทำการสำรวจระดับรังสีที่ตัวผู้ปวยและบริเวณโดยรอบ เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีสารกัมมันตรังสีใด ๆ ตกค้างที่ตัวผู้ปวย หรือตกหล่นอยู่นอกภาชนะบรรจุ

5.2.3.7 ขณะปฏิบัติงานหากพบว่ามีสิ่งผิดปกติ หรือเกิดเหตุฉุกเฉิน ให้ระงับการปฏิบัติงาน ให้ปฏิบัติตามแผนฉุกเฉินที่ได้เตรียมไว้ และให้แจ้งเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสีทราบในทันที

5.2.4 ข้อแนะนำสำหรับการใช้แคปซูลไอโอดีน-125 (¹²⁵I seed) สำหรับการฝังแบบถาวร (permanent implant)

5.2.4.1 เนื่องจากไอโอดีน-125 ถูกปิดผนึกด้วยโลหะไทเทเนียม มีขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร x 5 มิลลิเมตร สามารถทนต่อสภาพการกัดกร่อน (corrosion) ในสภาวะแวดล้อมปกติและไม่มีผลกระทบจากสารละลายอะซีโตน (acetone) แอลกอฮอล์ (alcohol) หรือน้ำยาซักฟอกชนิดอ่อน (mild detergent) แต่ห้ามใช้สารละลายพวกกรดหรือด่าง

5.2.4.2 ในกรณีตรวจพบแคปซูลไอโอดีน-125 มีรอยชำรุดเสียหายก่อนการใช้งาน ให้ระงับการใช้งานทันที และนำไปเก็บในภาชนะเก็บปิดผนึกและสำรวจการเปื้อน (contamination) พื้นที่บริเวณใช้งาน วิธีการตรวจสอบการเปื้อนของแคปซูลไอโอดีน-125 ทำโดยวิธีการ wipe test ด้วยกระดาษ filter paper หรือตามคำแนะนำจากบริษัทผู้ผลิต

5.2.4.3 สำหรับผู้ปฏิบัติงานต้องมีการวางแผนเตรียมขั้นตอนการใส่แร่ให้ผู้ป่วยล่วงหน้า เพื่อลดปริมาณรังสีที่อาจได้รับจากการปฏิบัติงาน โดยทั่วไปแคปซูลไอโอดีน-125 จะถูกห่อหุ้มและบรรจุอยู่ใน screw cap glass หรือภาชนะขนย้ายแร่ เช่น mick magazine และปิดผนึกด้วย stainless steel ที่กันรังสีฟอสฟอรัสจากไอโอดีน-125 ได้ 99.7% อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถใช้เป็นภาชนะสำหรับเก็บและขนส่งหรือเคลื่อนย้ายได้ อย่างไรก็ตามอาจใช้ภาชนะอื่นที่มีคุณสมบัติกันรังสีได้เหมือนกัน แต่ต้องปิดฝามิดชิดป้องกันการตกหล่น

5.2.4.4 ห้ามใช้ “มือเปล่าจับ” แต่ให้ใช้อุปกรณ์จับที่เหมาะสม

5.2.4.5 การทำความสะอาดโดยการฆ่าเชื้อ (seed sterilization) ให้ปฏิบัติตามคู่มือและข้อกำหนดของบริษัทผู้ผลิต

5.2.4.6 กรณีที่เกิดการสูญหายของสารรังสีขึ้น ให้รีบแจ้งเจ้าหน้าที่ด้านความปลอดภัยทางรังสี (radiation safety officer) ทันที

5.2.4.7 การใส่ seed ให้คนไข้ต้องกระทำโดยแพทย์ผู้ชำนาญการและบุคลากรที่มีความรู้ในการใช้งานโดยเฉพาะงานดังกล่าว และผ่านการฝึก

อบรมหรือมีประสบการณ์ด้านความปลอดภัยทางรังสี

5.2.4.8 ขณะปฏิบัติงานเจ้าหน้าที่ต้องมีเครื่องวัดรังสีที่สามารถวัดรังสีฟोटอน ที่พลังงานอย่างต่ำตั้งแต่ 30 KeV ได้ และต้องระวังในการป้องกันไม่ให้เกิดการหล่น ตก เนื่องจาก seed มีขนาดเล็กมาก การค้นหาด้วยตาเปล่าลำบาก

5.2.4.9 คนใช้ที่รับการรักษาต้องได้รับคำแนะนำด้านความปลอดภัยทางรังสีที่ถูกต้อง

5.2.4.10 ผู้แทนจำหน่ายและผู้ใช้ต้องมีการควบคุมบัญชีการใช้งานให้รัดกุม เพื่อป้องกันการสูญหาย โดยต้องแจ้งสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติทันที เมื่อพบว่ามี การสูญหายเกิดขึ้น

5.2.4.11 ห้ามทิ้ง seed เป็นขยะธรรมดา แต่ให้ดำเนินการเป็นกากกัมมันตรังสี โดยส่งคืนบริษัทผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่าย หรือขอความอนุเคราะห์ในการดำเนินการขจัดกากที่สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

5.2.4.12 การตรวจสอบการรั่วไหล (leak test) จะกระทำโดยบริษัทผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่ายก่อนส่งให้ลูกค้า สำหรับ seed ที่ยังไม่ได้ใช้งาน ต้องมีการตรวจสอบการรั่วไหลทุก ๆ 6 เดือน หรือก่อนที่จะดำเนินการส่งคืนบริษัทผู้ผลิตหรือสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

5.2.5 ข้อแนะนำและมาตรการเพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน brachytherapy

5.2.5.1 ผู้ปฏิบัติงาน brachytherapy ต้องเป็นผู้มีความรู้และความชำนาญในการปฏิบัติงานเป็นอย่างดี โดยผ่านการฝึกอบรมและฝึกฝนการใช้จนเกิดความชำนาญ และมีความรู้ด้านการป้องกันอันตรายจากรังสี

5.2.5.2 การปฏิบัติงาน brachytherapy ให้ดำเนินการได้เฉพาะการบำบัดรักษาผู้ป่วยตามที่แพทย์กำหนดเท่านั้น ห้ามมิให้ใช้ผิดวัตถุประสงค์ดังกล่าวโดยเด็ดขาด ยกเว้นเป็นการใช้เพื่อการตรวจสอบ ควบคุมคุณภาพและการวิจัย ซึ่งดำเนินการอยู่ภายใต้การควบคุมของนักฟิสิกส์การแพทย์

5.2.5.3 ต้องมีขั้นตอนการปฏิบัติงานและแนวปฏิบัติกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินโดยย่อ ติดไว้ให้เห็นโดยเด่นชัดบริเวณที่ปฏิบัติงาน

5.2.5.4 ผู้ปฏิบัติงานต้องมีอุปกรณ์บันทึกรังสีประจำตัวบุคคล และพกพาตลอดเวลาขณะปฏิบัติงาน ผู้ที่ไม่มีอุปกรณ์บันทึกรังสีประจำตัวบุคคลห้าม

ปฏิบัติงานโดยเด็ดขาด

5.2.5.5 ต้องมีเครื่องวัดรังสี (portable survey meter) ที่อยู่ในสภาพใช้งานได้และผ่านการปรับเทียบมาตรฐานแล้ว อยู่บริเวณใกล้เคียงซึ่งสามารถหยิบใช้ได้ทันทีที่ต้องการ

5.2.5.6 ขณะปฏิบัติงาน ให้ปฏิบัติงานด้วยความรวดเร็ว หลีกเลี่ยงการได้รับรังสีโดยไม่จำเป็น

5.2.6 ข้อเสนอแนะในกรณีต้องปฏิบัติงานกับสารกัมมันตรังสีชนิดปิดผนึกโดยวิธี manual

5.2.6.1 ต้องจัดทำบัญชีรายการสารกัมมันตรังสีทั้งหมด พร้อมแสดงสถานที่เก็บ มีการคำนวณความแรงรังสี ณ เวลาปัจจุบัน และควรทำเครื่องหมายระบุตัวของสารกัมมันตรังสีให้ชัดเจน โดยอาจใช้ตัวอักษร ตัวเลข หรือสีกำกับ

5.2.6.2 มีแผนผังแสดงตำแหน่งที่เก็บสารกัมมันตรังสีในที่เก็บ (safety storage) เพื่อลดเวลาในการค้นหาเมื่อต้องการใช้งาน

5.2.6.3 ให้มีบัญชีควบคุมการเบิกจ่าย และใช้งานสารกัมมันตรังสี

5.2.6.4 ในกรณีที่สารกัมมันตรังสีสลายตัวให้สารกัมมันตรังสีอีกตัวหนึ่ง เช่น เรเดียม-226 สลายตัวได้ เรดอน-222 ต้องมีการตรวจสอบการรั่วของสารกัมมันตรังสี และบันทึกผลการตรวจสอบไว้เป็นหลักฐานอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

5.2.6.5 มีการสำรวจระดับรังสีโดยรอบบริเวณที่เก็บสารกัมมันตรังสีเป็นประจำ อย่างน้อยทุก 3 เดือน

5.2.6.6 ต้องติดป้ายเตือนทางรังสีที่ภาชนะจัดเก็บ ภาชนะเพื่อการขนส่งทุกใบ และติดป้ายเตือน แสดงบริเวณรังสี ณ ที่ห้องเก็บ พร้อมชื่อ ที่อยู่ที่ติดต่อได้ในกรณีฉุกเฉินของเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสี ติดให้เห็นโดยเด่นชัด

5.2.6.7 ควรตรวจสอบสภาพความเสียหายของสารกัมมันตรังสีในกรณีที่สงสัยขณะนำมาใช้งาน โดยการใช้แว่นขยายและมองผ่านกระจกตะกั่วพร้อมอุปกรณ์กำบังรังสี

5.2.6.8 การจับถือสารกัมมันตรังสีให้ใช้ long forceps หรือ tong เท่านั้น

5.2.6.9 ต้องไม่วางสารกัมมันตรังสีไว้ในบริเวณทั่ว ๆ ไป นอกเหนือจากที่จัดเก็บ หรือในภาชนะเพื่อการขนย้ายที่มีเครื่องกำบังรังสีเป็นอย่างดี

5.2.6.10 ในการขนส่งให้ใช้ภาชนะขนย้ายที่มีเครื่องกำบังรังสีอย่างพอเพียง และเลือกเส้นทางขนย้ายที่สั้นที่สุด

5.2.6.11 ต้องปิดประตูพร้อมใส่กุญแจสถานที่เก็บสารกัมมันตรังสีตลอดเวลาเมื่อไม่มีการใช้งาน โดยเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสีเก็บกุญแจไว้ 1 ดอก ในกรณีฉุกเฉิน เช่น เกิดเพลิงไหม้

5.2.7 การขนส่งสารกัมมันตรังสีที่ใช้ในงาน brachytherapy

5.2.7.1 การขนส่งสารกัมมันตรังสี ให้ปฏิบัติตามมาตรการและวิธีการขนส่งสารกัมมันตรังสีและกากกัมมันตรังสี ตามที่คณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติกำหนด (พ.ป.ส. 10 พร.-1-01) และต้องจัดทำแผนและรายงานการขนส่งตามแนวปฏิบัติการจัดทำแผนการขนส่งสารกัมมันตรังสีและกากกัมมันตรังสี ตามที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติให้ความเห็นชอบ

5.2.7.2 คุณสมบัติของผู้ขับขี่ยานพาหนะสำหรับขนส่ง ให้เป็นไปตามระเบียบของกรมการขนส่งทางบก

5.2.7.3 ควรหลีกเลี่ยงเส้นทางและเวลาที่มีการจราจรคับคั่ง

5.2.7.4 ต้องมีเอกสารกำกับ การขนส่ง ซึ่งระบุรายละเอียดของสารกัมมันตรังสีขนส่งและวิธีปฏิบัติกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน

5.2.7.5 ผู้ควบคุมการขนส่งควรเป็นบุคลากรที่มีใบประกาศรับรองผ่านการฝึกอบรมด้านการป้องกันรังสี และต้องร่วมเดินทางไปจนถึงปลายทาง และต้องมีเครื่องวัดรังสีที่สามารถใช้งานได้ทันที

5.2.7.6 ผู้ควบคุมการขนส่งต้องตรวจสอบสภาพภาชนะบรรจุ และทำการตรวจวัดรังสีโดยรอบภาชนะบรรจุก่อนทำการขนขึ้นรถ

5.2.7.7 ให้ติดป้ายขนส่งที่ภาชนะบรรจุ พร้อมระบุรายละเอียดให้ครบถ้วน เช่น ชื่อธาตุค่ากัมมันตภาพ และค่าดัชนีขนส่ง (transport index)

5.2.7.8 ผู้เกี่ยวข้องกับขนส่งทุกคนต้องมีอุปกรณ์บันทึกรังสีประจำตัวบุคคล และได้รับคำแนะนำด้านการป้องกันอันตรายจากรังสีอย่างพอเพียง

5.2.7.9 การจัดวางภาชนะบรรจุบนรถ ควรอยู่ห่างจากบริเวณคนขับให้มากที่สุดเท่าที่สามารถกระทำได้

5.2.7.10 ภาชนะบรรจุต้องยึดตรึงอย่างแน่นหนากับตัวรถ โดยต้องแน่ใจว่าภาชนะบรรจุต้องไม่พลัดตกจากรถขณะทำการขนส่ง

5.2.7.11 ก่อนการเดินทาง ผู้ควบคุมการขนส่งต้องตรวจวัดระดับรังสีโดยรอบรถและบริเวณคนขับ และให้บันทึกผลการตรวจวัดไว้

5.2.7.12 ให้ติดป้ายเตือนทางรังสีโดยรอบรถ พร้อมแสดงค่าระดับรังสีที่วัดได้

5.2.7.13 ขณะเดินทางต้องไม่ใช้ความเร็วเกินกว่าที่ระบุในแผนการขนส่ง และเมื่อมีการจอดพักต้องมีผู้ดูแลสารกัมมันตรังสีตลอดเวลา ห้ามทิ้งสารกัมมันตรังสีโดยปราศจากการดูแลโดยเด็ดขาด

5.2.7.14 เมื่อเดินทางถึงที่หมาย ให้ผู้ควบคุมการขนส่งตรวจวัดระดับรังสีโดยรอบภาชนะบรรจุอีกครั้ง ก่อนการขนภาชนะลงจากรถ

5.2.7.15 ให้ผู้ควบคุมการขนส่งตรวจสอบการได้รับรังสีของผู้ปฏิบัติงานทุกคน จากอุปกรณ์บันทึกรังสีประจำตัวบุคคล (pocket dosimeter)

บทที่ 6

แนวปฏิบัติในการคัดแยกและเก็บรวบรวมกากกัมมันตรังสี

กากกัมมันตรังสี คือ วัสดุในรูปของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ ที่เป็นวัสดุกัมมันตรังสี หรือประกอบ หรือปนเปื้อนด้วยวัสดุกัมมันตรังสี ที่มีค่ากัมมันตภาพต่อปริมาณ หรือกัมมันตภาพรวม สูงกว่าเกณฑ์ปลอดภัยที่กำหนดโดยคณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ และผู้ครอบครองวัสดุนั้นไม่ประสงค์จะใช้งานอีกต่อไป และให้หมายความรวมถึงวัสดุอื่นใดที่คณะกรรมการกำหนดให้เป็นกากกัมมันตรังสี

6.1 แนวปฏิบัติทั่วไป

6.1.1 หน่วยงานผู้ใช้สารกัมมันตรังสี มีหน้าที่ในการคัดแยก เก็บรวบรวม จัดสถานที่เก็บกากกัมมันตรังสีชั่วคราวและจัดการกากกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นในหน่วยงานของตน หรือนำส่งกากกัมมันตรังสีไปยังศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี (ศจ.) สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์ โดยกรอกข้อมูลกากใน “แบบขอรับบริการจัดการกากกัมมันตรังสี” ให้ครบถ้วนสมบูรณ์ และยื่นแบบที่ ศจ.

6.1.2 วางแผนงานการปฏิบัติงานในทุกขั้นตอน เพื่อลดปริมาณกากกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

6.1.3 ควบคุมไม่ให้มีขยะอื่นใดที่ไม่ใช่กากกัมมันตรังสี รวมปะปนอยู่ในภาชนะบรรจุกากกัมมันตรังสี

6.1.4 กากกัมมันตรังสีที่มีส่วนประกอบเป็นวัตถุอันตราย ได้แก่ วัตถุ กัดกร่อน วัตถุมีพิษ และวัตถุที่ทำให้เกิดโรค ต้องแจ้งให้ศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติทราบ

6.1.5 ตรวจสอบสภาพของภาชนะบรรจุกากกัมมันตรังสีเป็นประจำ เพื่อ ป้องกันการรั่วไหลและการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีออกสู่บริเวณโดยรอบ

6.1.6 กากกัมมันตรังสีที่เป็นขยะติดเชื้อ ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนของการ ฆ่าเชื้อตามปกติก่อนนำส่งกากกัมมันตรังสี พร้อมมีเอกสารรับรองการผ่านกระบวนการ ฆ่าเชื้อ

6.1.7 ติดฉลากเครื่องหมายรังสี ระบุวันที่รวบรวมกาก น้ำหนักและ ปริมาตรของกากกัมมันตรังสี ชนิดและกัมมันตภาพ หน่วยเป็นเบ็กเคอเรล ปริมาณ รังสีที่พื้นผิว (surface dose rate) หน่วยเป็นมิลลิเรินต์เกินต่อชั่วโมง และระดับ ความเปรอะเปื้อนทางรังสีที่พื้นผิว (surface contamination) หน่วยเป็นเบคเคอเรล ต่อตารางเซนติเมตร บนภาชนะบรรจุกากกัมมันตรังสีทุกชิ้น

6.1.8 กากกัมมันตรังสีที่เป็นต้นกำเนิดรังสีปิดผนึกที่เลิกใช้แล้ว (disused sealed radiation source) ให้ปฏิบัติตามรายละเอียดในหัวข้อการ จัดการกากต้นกำเนิดรังสี

6.1.9 ผู้ใช้สารกัมมันตรังสีมีหน้าที่รับผิดชอบในค่าใช้จ่ายในการจัดการ กากกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้น

6.2 แนวปฏิบัติแยกตามชนิดของกากกัมมันตรังสี

6.2.1 กากของเหลวกัมมันตรังสี

ให้ผู้ผู้ใช้สารกัมมันตรังสีคัดแยกกากของเหลวออกเป็น 3 ประเภท คือ

6.2.1.1 สารละลายน้ำ เช่น น้ำทิ้งในห้องปฏิบัติการรังสี

6.2.1.2 สารละลายอินทรีย์ เช่น สารละลายซิลทิลแลนท์ น้ำมัน ก๊าซ น้ำมันหล่อลื่น

6.2.1.3 ของเสียทางการแพทย์ เช่น ปัสสาวะ เลือด ซีรัม

ผู้ใช้สารกัมมันตรังสีต้องบรรจุกากของเหลวดังกล่าว ในภาชนะแยก จากกัน โดยมีแนวปฏิบัติดังนี้

แนวปฏิบัติในการเก็บรวบรวมกากกัมมันตรังสีที่เป็นของเหลว

- บรรจุกากของเหลวใส่ถังพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนสีขาว ขนาด 20 ลิตร ที่มีฝาปิดชนิดเกลียว ปิดฝาดังให้แน่น พร้อมตรวจสอบความเปราะ ปลอดภัยที่พื้นผิวด้านนอกของถังบรรจุกากโดยรอบ

- บรรจุของเหลวในถังให้ได้ระดับที่ต่ำกว่าปากถังประมาณ 3 นิ้ว
- นำถังกากใส่ในถุงพลาสติกใสชนิดโพลีเอทิลีน และปิดปากถุงให้แน่น

- ติดฉลากเครื่องหมายรังสี ระบุวันที่เก็บรวบรวมกาก น้ำหนัก และปริมาตรกาก ชนิดและกัมมันตภาพรังสี หน่วยเป็นเบ็คเคอเรล ปริมาณรังสีที่พื้นผิว (surface dose rate) หน่วยเป็นมิลลิเรินต์เกินต่อชั่วโมง และระดับความเปราะเปื้อนทางรังสีที่พื้นผิว (surface contamination) หน่วยเป็น เบ็คเคอเรล ต่อตารางเซนติเมตร บนถังกากทุกถัง เพื่อเตรียมส่งกากตามนัดหมาย

- กรณีที่เป็นสารละลายอินทรีย์ ต้องแยกเก็บในภาชนะที่ทนต่อการกัดกร่อน และไม่มีสารละลายน้ำเจือปน

- กรณีที่ความแรงรังสีของกากสูงเกินกว่าจะขนส่งได้ ให้นำไปเก็บรักษาไว้ ณ สถานที่เก็บกากกัมมันตรังสีชั่วคราวของผู้ใช้สารรังสี จนกว่าจะนำส่งศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ

หมายเหตุ

กรณีที่เป็นสารละลายที่ประกอบด้วยวัตถุอันตราย เช่น วัตถุไวไฟ วัตถุมีพิษ วัตถุกัดกร่อน ให้ปฏิบัติตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535

6.2.2 กากกัมมันตรังสีที่เป็นของแข็ง

ให้ผู้ใส่สารกัมมันตรังสีคัดแยกกากของแข็งออกเป็น 4 ประเภท คือ

6.2.2.1 ประเภทเผาไหม้ได้ เช่น กระดาษ ผ้า ไม้ พลาสติก ชนิดโพลีเอทิลีน ซากสัตว์ทดลอง

6.2.2.2 ประเภทเผาไหม้ไม่ได้/บดอัดได้ เช่น แก้ว โลหะ ยาง ถุ้มือยาง พลาสติกมีสี

6.2.2.3 ประเภทเผาไหม้ไม่ได้/บดอัดไม่ได้ เช่น ชิ้นโลหะขนาด

ใหญ่ เข็มฉีดยา วัสดุกำบังรังสี ดิน ตะกอนดิน

ผู้ใช้สารกัมมันตรังสีต้องบรรจุกากของแข็งดังกล่าว ในภาชนะแยก จากกัน โดยมีแนวปฏิบัติ ดังนี้

แนวปฏิบัติในการเก็บรวบรวมกากกัมมันตรังสีที่เป็นของแข็ง

- นำกากของแข็งใส่ในถุงพลาสติกใสชนิดโพลีเอทิลีนอย่างหนา ปริมาตร 20 ลิตร หรือขนาด กว้าง × ยาว = 18 นิ้ว × 30 นิ้ว
- น้ำหนักบรรจุไม่เกิน 5 กิโลกรัมต่อถุง ปิดปากให้แน่น พร้อมตรวจสอบความเปราะเบื้องต้นทางรังสีที่พื้นผิวด้านนอกของถุงบรรจุกากโดยรอบ
- ติดฉลากเครื่องหมายรังสี ระบุวันที่เก็บรวบรวมกาก น้ำหนัก และปริมาตรกาก ชนิดและกัมมันตภาพรังสี หน่วยเป็นเบคเคอเรลต่อกิโลกรัม ปริมาณรังสีที่พื้นผิว (surface dose rate) หน่วยเป็น มิลลิเรินเกนท์ต่อชั่วโมง และระดับความเปราะเบื้องต้นทางรังสีที่พื้นผิว (surface contamination) หน่วยเป็น เบคเคอเรลต่อตารางเซนติเมตร บนถุงกากทุกถุง เพื่อเตรียมส่งกากตามนัดหมาย
- กรณีที่ความแรงรังสีของกากสูงเกินกว่าจะขนส่งได้ ให้นำไปเก็บรักษาไว้ ณ สถานที่เก็บกากกัมมันตรังสีชั่วคราวของผู้ใช้สารรังสีจนกว่าจะนำส่ง ศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ
- ในกรณีขวดแก้วหรือพลาสติกที่บรรจุสารละลายกัมมันตรังสี ต้องแยกสารละลายออกไปเก็บที่ถังเก็บกากของเหลวชนิดสารละลายอินทรีย์ก่อน จึงทิ้งขวดแก้วหรือพลาสติกลงในภาชนะใส่กากแข็ง ประเภทเผาไหม้ไม่ได้/บดอัดได้

หมายเหตุ

เข็มฉีดยาให้แยกบรรจุในกล่องพลาสติกใส ไม่มีสี
ซากสัตว์ทดลองให้ป้องกันการเน่าเปื่อยโดยใส่ปูนขาว หรืออยู่ในสภาพแช่แข็ง

6.2.2.4 กากของแข็งชนิดพิเศษ ให้คัดแยกกากออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) เรซิน

- บรรจุกากเรซินในถุงพลาสติกใสชนิดโพลีเอทิลีนขนาดความจุ 20 ลิตร มัดปากถุงให้แน่น พร้อมตรวจสอบความเปราะเบื้องต้นทางรังสีที่พื้นผิวด้าน

นอกของถุงบรรจุกากโดยรอบ

- ติดฉลากเครื่องหมายรังสี ระบุวันที่เก็บรวมรวบกาก น้ำหนัก และปริมาตรกาก ชนิดและกัมมันตภาพรังสีหน่วยเป็นเบคเคอเรลต่อกิโลกรัม ปริมาณรังสีที่พื้นผิว (surface dose rate) หน่วยเป็นมิลลิเรินเกนท์ต่อชั่วโมง และระดับความเปรอะเปื้อนทางรังสีที่พื้นผิว (surface contamination) หน่วยเป็นเบคเคอเรลต่อตารางเซนติเมตร บนถุงกากทุกถุง

- นำกากกากเรซินใส่ในถังพลาสติกทรงกระบอกความจุ 50 ลิตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 46 ซม. สูง 50 ซม. เป็นถังปากกว้าง มีฝาปิด สามารถทนสภาพกรดและด่าง

- ติดฉลากเครื่องหมายรังสี ระบุวันที่เก็บรวมรวบกาก น้ำหนัก และปริมาตรกาก ชนิดและกัมมันตภาพรังสี หน่วยเป็นเบคเคอเรลต่อกิโลกรัม ปริมาณรังสีที่พื้นผิว (surface dose rate) หน่วยเป็นมิลลิเรินเกนท์ต่อชั่วโมง และระดับความเปรอะเปื้อนทางรังสีที่พื้นผิว (surface contamination) หน่วยเป็นเบคเคอเรลต่อตารางเซนติเมตร บนถังกากทุกถัง เพื่อเตรียมส่งกากตามนัดหมาย

- นำไปเก็บรักษาไว้ ณ สถานที่เก็บกากกัมมันตรังสีชั่วคราว จนกว่าจะนำส่งศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ

2) ชุดกรองอากาศ

- บรรจุชุดกรองอากาศในถุงพลาสติกใสชนิดโพลีเอทิลีนที่มีขนาดตามความเหมาะสม พร้อมตรวจสอบความเปรอะเปื้อนทางรังสีที่พื้นผิวด้านนอกของถุงบรรจุกากโดยรอบ นำถุงชุดกรองอากาศใส่ในกล่องกระดาษที่แข็งแรง ขนาดตามความเหมาะสม

- ติดฉลากเครื่องหมายรังสี ระบุวันที่เก็บรวมรวบกาก น้ำหนัก และปริมาตรกาก ชนิดและกัมมันตภาพรังสี หน่วยเป็นเบคเคอเรลต่อกิโลกรัม ปริมาณรังสีที่พื้นผิว (surface dose rate) หน่วยเป็นมิลลิเรินเกนท์ต่อชั่วโมง และระดับความเปรอะเปื้อนทางรังสีที่พื้นผิว (surface contamination) หน่วยเป็นเบคเคอเรลต่อตารางเซนติเมตร บนกล่องบรรจุกากทุกใบ เพื่อเตรียมส่งกากตามนัดหมาย

- นำไปเก็บรักษาไว้ ณ สถานที่เก็บกากกัมมันตรังสีชั่วคราว จนกว่าจะนำส่งศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ

6.2.3 กากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก ให้ดำเนินการดังนี้

- ไม่ถอด ทำลาย หรือเปลี่ยนแปลงลักษณะการผนึกของภาชนะบรรจุต้นกำเนิดรังสีปิดผนึกที่ไม่ใช้งานแล้วให้แตกต่างไปจากสภาพที่เป็นอยู่เมื่อเริ่มมีการครอบครองต้นกำเนิดรังสีปิดผนึกนั้น
- ห้ามโยน หรือส่งมอบการครอบครองให้แก่บุคคลอื่นเว้นแต่บุคคลผู้รับมอบการโอนหรือส่งมอบการครอบครอง จะเป็นผู้ได้รับอนุญาตให้ใช้หรือมีไว้ให้ครอบครองซึ่งต้นกำเนิดรังสีปิดผนึกนั้น ทั้งนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการก่อน
- ทำสัญญากับผู้ขายต้นกำเนิดรังสีปิดผนึกในขณะที่สั่งซื้อ เพื่อส่งคืนกากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก และต้องนำส่งเอกสารดังกล่าวให้พนักงานเจ้าหน้าที่พิจารณาประกอบการออกใบอนุญาตให้นำเข้าต้นกำเนิดรังสีปิดผนึกนั้น
- ในกรณีที่ไม่สามารถส่งคืนต้นกำเนิดรังสีปิดผนึกไปยังบริษัทผู้ผลิต ให้ทำหนังสือขอคำแนะนำไปยังสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ พร้อมชี้แจงเหตุผลและแนบเอกสารการติดต่อส่งคืนไปพร้อมกันด้วย
- เมื่อสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ แจ้งตอบรับดำเนินการจัดการกากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึกดังกล่าวแล้ว ในวันที่นำส่งกากให้นำเอกสารแบบ พ.ป.ส. 4 ต้นฉบับมาด้วย เพื่อขอยกเลิกการครอบครองต้นกำเนิดรังสีที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
- ชำระค่าบริการจัดการกากกัมตรังสี ในวันที่นำกากมาส่งที่ศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ

หมายเหตุ

เมื่อนำกากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึกไปยังศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ ต้องมีเจ้าหน้าที่ผู้ดำเนินการจัดการกากกัมมันตรังสีควบคุมมาด้วย โดยใช้รถขนส่งกากกัมมันตรังสีเฉพาะกิจ ห้ามใช้รถขนส่งสาธารณะ รวมทั้งต้องมีหีบห่อที่เหมาะสม และมีระดับรังสีที่ปลอดภัยในการขนส่งตามมาตรการการขนส่งวัสดุกัมมันตรังสี

6.3 บริการขนส่งกากกัมมันตรังสี โดยศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ

6.3.1 แจ้งความประสงค์เพื่อขอรับบริการพร้อมรายละเอียดข้อมูลกากไปยังศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี ล่วงหน้าอย่างน้อย 1 สัปดาห์ เพื่อบันทึกหมายวัน-เวลา ในการนำส่งกากกัมมันตรังสี

6.3.2 นัดหมายล่วงหน้ากับเจ้าหน้าที่ของศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี เพื่อนำกากกัมมันตรังสีมาส่ง ณ จุดรับกากพร้อมเอกสาร “แบบขอรับบริการกากกัมมันตรังสี” ตามสถานที่และเวลาที่นัดหมาย

6.3.3 ชำระค่าบริการกากกัมมันตรังสี ในวันที่เจ้าหน้าที่ของศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี ไปรับกากกัมมันตรังสี

หมายเหตุ

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ ให้บริการขนส่งกากกัมมันตรังสีได้ทั่วราชอาณาจักรรวมถึงให้บริการขนส่งกากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก

6.4 ค่าบริการจัดการกากกัมมันตรังสี

ศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี สถาบันนิวเคลียร์แห่งชาติ ให้บริการจัดการกากกัมมันตรังสีชนิดต่าง ๆ ดังกำหนดในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 การให้บริการจัดการกากกัมมันตรังสี
ของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ

ชนิดของการบริการ
1. กากกัมมันตรังสีชนิดไม่ปิดผนึก/วัสดุเปราะอะเปื้อนด้วยสารรังสี (อัตราค่าบริการคิดต่อ 1 ภาชนะมาตรฐาน ขนาด 20 ลบ.เดซิเมตร)
1.1 กากของเหลวสารละลายน้ำ
1.2 กากของเหลวสารอินทรีย์
1.3 กากของแข็งต่อ 1 ภาชนะมาตรฐาน น้ำหนักไม่เกิน 5 ก.ก.
2. กากจากแร่กัมมันตรังสีในธรรมชาติ (NORM)
* เศษของปริมาตรที่เกินจำนวนให้พิเศษเป็นจำนวนเต็ม
3. กากกัมมันตรังสีชนิดต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก
3.1 Smoke detector / Checked Source
3.2 สายล่อฟ้า
3.3 Moisture Gauge (ความแรงรังสีเกินกว่า 10 mCi - 100 mCi)
3.4 Level / Density Gauge (ความแรงรังสีเกินกว่า 10 mCi-100 mCi)
3.5 Thickness Gauge (ความแรงรังสีเกินกว่า 10 mCi-100 mCi)

ชนิดของการบริการ
1. กากกัมมันตรังสีชนิดไม่ปิดผนึก/วัสดุเปราะจะเป็นด้วยสารรังสี (อัตราค่าบริการคิดต่อ 1 ภาชนะมาตรฐาน ขนาด 20 ลบ.เดซิเมตร)
1.1 กากของเหลวสารละลายน้ำ
1.2 กากของเหลวสารอินทรีย์
1.3 กากของแข็งต่อ 1 ภาชนะมาตรฐาน น้ำหนักไม่เกิน 5 ก.ก.
2. กากจากแร่กัมมันตรังสีในธรรมชาติ (NORM)
* เศษของปริมาตรที่เกินจำนวนให้ปัดเศษเป็นจำนวนเต็ม
3. กากกัมมันตรังสีชนิดต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก
3.1 Smoke detector / Checked Source
3.2 สายล่อฟ้า
3.3 Moisture Gauge (ความแรงรังสีเกินกว่า 10 mCi - 100 mCi)
3.4 Level / Density Gauge (ความแรงรังสีเกินกว่า 10 mCi-100 mCi)
3.5 Thickness Gauge (ความแรงรังสีเกินกว่า 10 mCi-100 mCi)
3.6 กากกัมมันตรังสีชนิดปิดผนึกนอกเหนือจาก 3.1-3.5
อัตราค่าบริการคิดตามความแรงรังสี
4. บริการวิเคราะห์น้ำทิ้ง
4.1 วิเคราะห์น้ำทิ้งรังสีอัลฟา และเบตา
4.2 วิเคราะห์น้ำทิ้งรังสีแกมมา
5. การขนส่งกากกัมมันตรังสี
อัตราค่าบริการคิดตามระยะทาง

หมายเหตุ

1) สามารถดูอัตราค่าบริการจัดการกากกัมมันตรังสีได้ที่ <http://www.tint.or.th/waste/waste-jan2010.pdf>

2) การกำหนดค่าบริการสำหรับรายการส่งเสริมการตลาดอื่น ๆ ให้อยู่ในดุลพินิจของผสทน หรือ ผู้ที่ ผสทน มอบหมาย ที่ไม่ปรากฏในรายการสินค้าหรือบริการที่ได้กำหนดราคาไว้เป็นโครงการพิเศษ เป็นการเหมาจ่าย

สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติม โปรดติดต่อ ศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี

โทรศัพท์ : 0-2596-7600 ต่อ 3116-3118 โทรสาร: 0-2562-0097

บทที่ 7

การป้องกันอันตรายจากรังสีของ เครื่องกำเนิดรังสีที่ใช้ในทางการแพทย์

เครื่องกำเนิดรังสีที่ใช้ในทางการแพทย์ มีใช้ใน 2 หน่วยงานหลัก คือ 1) หน่วยงานรังสีวินิจฉัย และ 2) หน่วยงานรังสีรักษา ส่วนหน่วยงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์นั้นไม่มีเครื่องกำเนิดรังสี แต่ใช้เครื่องมือที่ฉีดสารรังสีเข้าผู้ป่วยแล้วนำตัวผู้ป่วยที่มีสารรังสีมาผ่านเข้าเครื่องมือดังกล่าวเพื่อการสร้างภาพต่อไป

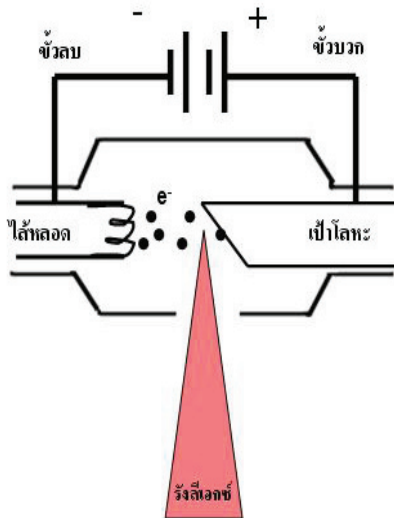
7.1 งานรังสีวินิจฉัย

รังสีวินิจฉัย เป็นสาขาวิชาที่นำรังสีมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์เป็นการตรวจวินิจฉัยโรคจากภาพเอกซเรย์ โดยใช้รังสีเอกซ์จากหลอดเอกซเรย์ คนทั่วไปมักจะเรียกโดยรวมว่า “การตรวจเอกซเรย์ (X-ray)”

รังสีวินิจฉัย เป็นการใช้รังสีเอกซ์จากหลอดเอกซเรย์ ผ่านตัวผู้ป่วยไปยังอุปกรณ์รับภาพซึ่งขึ้นกับชนิดของการตรวจ เช่น ฟิล์มหรือแผ่นรับภาพ (image plate) สำหรับการถ่ายภาพเอกซเรย์ทั่วไป หัววัดรังสี (detector) สำหรับเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ มีหลักการทำงานคร่าว ๆ ดังนี้ ภายในหลอดรังสีเอกซ์ ประกอบด้วยไส้หลอดที่ให้อิเล็กตรอน เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าไป อิเล็กตรอนที่ออกมาจะวิ่งด้วยความเร็วสูงไปยังเป้าโลหะ เมื่ออิเล็กตรอนพุ่งกระทบกับอะตอมของเป้าโลหะ จะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานและการมีปลดปล่อยรังสีเอกซ์

ออกมาซึ่งเป็นส่วนที่เรานำไปใช้งาน ดังแสดงภาพที่ 7.1



ภาพที่ 7.1 แสดงการเกิดรังสีเอกซ์

ในปัจจุบันมีเครื่องมือเอกซเรย์หลากหลายชนิด แสดงดังภาพที่ 7.2 และ 7.3 ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของการตรวจ แบ่งเป็น

1) เครื่องเอกซเรย์ทั่วไป (general X-ray) ใช้ในการตรวจหาความผิดปกติของอวัยวะ ภาพเอกซเรย์ที่ได้เป็นภาพขาว-ดำ 2 มิติ เช่น การเอกซเรย์ปอด แขน ขา หรือช่องท้อง เป็นต้น

2) เครื่องเอกซเรย์เต้านม (mammography) ใช้ในการตรวจหาความผิดปกติของเต้านม จะมีการออกแบบเครื่องโดยเฉพาะสำหรับการเอกซเรย์

3) เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปี (fluoroscopy) ใช้ในการตรวจหาความผิดปกติของอวัยวะ โดยดูเป็นภาพที่เคลื่อนไหวบนจอภาพ และสามารถทำการบันทึกภาพได้ เช่น การตรวจเอกซเรย์กระเพาะอาหาร ซึ่งในระหว่างการตรวจจะมีการกลืนแป้ง หรือการสวนแป้งเข้าทางทวารหนัก เพื่อตรวจลำไส้ใหญ่ เป็นต้น

4) เครื่องเอกซเรย์พิเศษสำหรับการตรวจหลอดเลือด (digital subtraction Angiography, DSA) ใช้ในการตรวจหาความผิดปกติของหลอดเลือด ในขณะที่ตรวจจะมีการใส่สายสวนเข้าไปบริเวณหลอดเลือดที่ต้องการตรวจ แล้วทำการฉีดสารทึบรังสี พร้อมทำการถ่ายภาพเอกซเรย์ สามารถดูเป็นภาพเคลื่อนไหวได้

5) เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (computed tomography) เป็นการตรวจหาความผิดปกติของอวัยวะ โดยทำการตรวจอวัยวะในลักษณะของภาพตัดขวาง ซึ่งจะให้รายละเอียดและประสิทธิภาพในการวินิจฉัยสูง

นอกจากเครื่องมือที่กล่าวมาแล้วเบื้องต้น รังสีวินิจฉัย ยังครอบคลุมถึงเครื่องมือที่ไม่ใช้รังสีเอกซ์ในการตรวจ คือ เครื่องอัลตราซาวด์ (ultrasound) และเครื่องสร้างภาพด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Resonance Imaging, MRI)



หลอดเอกซเรย์

ภาพที่ 7.2 แสดงเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป



เครื่องเอกซเรย์เต้านม

เครื่องเอกซเรย์หลอดเลือด



เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

ภาพที่ 7.3 แสดงเครื่องเอกซเรย์ชนิดต่าง ๆ

7.1.1 หลักการป้องกันอันตรายจากการใช้เครื่องเอกซเรย์ทั่วไปทาง ด้านงานรังสีวินิจฉัย

7.1.1.1 ร่วมกันตรวจสอบมาตรฐานของห้องปฏิบัติการทางรังสีใน
หน่วยงานให้สอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนดโดยสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติที่ได้
กำหนดไว้ ดังต่อไปนี้

1) ประตูห้องปฏิบัติการทางรังสีบุด้วยตะกั่วหนาอย่างน้อย 2
มิลลิเมตรสมมูลตะกั่ว หรือเทียบเท่าหรือคอนกรีตตัน อิฐตัน ฉาบปูนหนาไม่น้อยกว่า
20 เซนติเมตร มีความสูงไม่น้อยกว่า 2 เมตร

2) มีฉากกำบังรังสีขนาดกว้างเพียงพอ สำหรับป้องกันรังสีระหว่าง
ห้องควบคุมเครื่องมือ (control unit) กับห้องปฏิบัติการ (X-ray unit) โดยการ
ฉาบด้วยปูนหนา 6 นิ้ว บุตะกั่วหนา 2 มิลลิเมตร ส่วนกลางมีกระจกใสผสมตะกั่ว
หนา 2 มิลลิเมตร โดยมีขนาดกว้างเพียงพอสำหรับการมองผ่านจากห้องควบคุมไปยัง
ห้องปฏิบัติการรังสี

3) เพดานพื้นห้องมีความหนาเพียงพอที่จะป้องกันบุคคลที่ทำงานอยู่
ในบริเวณใกล้เคียงให้ได้รับปริมาณรังสีน้อยที่สุด (ไม่เกินปริมาณรังสีที่กรมวิทยา-
ศาสตร์กำหนด)

4) หน้าประตูติดสัญญาณไฟสีแดง โดยแสดงไฟสีแดงและปิดประตู
ทุกครั้งที่มีการตรวจทางรังสี เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้อุปกรณ์กระจายออกมาข้างนอก
จัดแสดงเครื่องหมาย หรือสัญลักษณ์สากล ที่แสดงให้ทุกคนรับทราบเขตอันตราย
จากรังสี

7.1.1.2 ประสานงานกับเจ้าหน้าที่จากกองรังสีและเครื่องมือแพทย์
กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์เพื่อเข้ามาตรวจและทดสอบว่ามีการรั่วซึมของรังสีเอกซเรย์
หรือไม่เป็นประจำทุกปี ในกรณีที่ผลการตรวจสอบพบว่า มีปัญหาเกิดการรั่วซึมของ
รังสีเอกซเรย์ ให้ปฏิบัติดังนี้

1) ทำการตัดป้ายประกาศงดการใช้เครื่อง และ/หรือการใช้ห้องทันที
จนกว่าจะได้รับการแก้ไขและตรวจสอบผลซ้ำว่าปลอดภัย พร้อมรายงานต่อรังสีแพทย์
ผู้อำนวยการโรงพยาบาลหรือผู้ที่ได้รับมอบหมายให้ได้รับทราบโดยทันที

2) ติดต่อและประสานงานกับบริษัทผู้ดูแลเครื่องเอกซเรย์ให้ดำเนินการ
แก้ไขปัญหาให้เรียบร้อย

3) ติดต่อและประสานงานให้มีการตรวจประเมินซ้ำ โดยเจ้าหน้าที่ จากกองรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

4) ทำบันทึกรายงานผลการตรวจประเมินซ้ำเสนอต่อรังสีแพทย์ และ ผู้อำนวยการโรงพยาบาล

7.1.1.3 กำหนดและทำการตรวจสอบการป้องกันอันตรายจากรังสีแก่ เจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการทางรังสี โดยการกำหนดให้เจ้าหน้าที่ทุกคนที่ปฏิบัติงานในระหว่าง การให้บริการตรวจทางรังสี จะต้องปฏิบัติตามดังต่อไปนี้

1) สวมเสื้อตะกั่วหนา 0.5 มิลลิเมตรและ thyroid shield ทุกครั้ง (ในกรณีใช้เครื่อง Fluoroscopy)

2) ควรหันส่วนที่มีการป้องกันรังสีไปยังจุดกำเนิดรังสี และต้อง ระมัดระวังไม่หันส่วนที่ไม่มีเสื้อตะกั่วคลุมร่างกายไปทางจุดกำเนิดรังสี

3) พยายามยืนอยู่หลังจากตะกั่วกันรังสี

4) ติดเครื่องวัดรังสีประจำบุคคล ติดตัวตลอด ทั้งนี้แผนกรังสีวินิจฉัย จะทำการมอบหมายให้ผู้ดูแลความปลอดภัยทางรังสีประจำหน่วยงาน ทำการเก็บ รวบรวมและจัดส่งแผ่นฟิล์มวัดรังสีประจำบุคคลไปตรวจสอบและประเมินปริมาณรังสี ของเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการทางรังสีที่เกี่ยวข้อง ที่กองรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรม วิทยาศาสตร์การแพทย์ เป็นประจำทุกเดือน ในกรณีที่ตรวจพบว่า มีเจ้าหน้าที่ผู้ให้ บริการทางรังสีที่เกี่ยวข้อง หรือเจ้าหน้าที่ที่ตั้งครรภ์ มีปริมาณรังสีที่เกินกว่าที่กำหนด ให้เปลี่ยนไปปฏิบัติงานงานทางด้านอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับรังสีโดยทันที

5) รายงานต่อผู้บังคับบัญชา ในกรณีที่พบเห็นความผิดปกติ/ อุบัติเหตุทางรังสี

7.1.1.4 กำหนดให้เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการ ทางรังสี ทำการตรวจสอบและดูแลรักษาการใช้วัสดุ อุปกรณ์ในการป้องกันรังสี และ เครื่องมือที่ใช้ภายในแผนกดังต่อไปนี้

1) ภายหลังจากใช้งาน ให้ทำการแขวนเสื้อตะกั่วและ thyroid shield ไว้เสมอไม่ให้เกิดการพับงอ

2) ทำความสะอาดเครื่องป้องกัน โดยการเช็ดหรือซัก อย่างน้อย เดือนละ 1 ครั้ง

3) ทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเครื่องป้องกันรังสี โดยวิธี

fluoroscope ทุก ๆ 6 เดือน แต่หากมีการตรวจพบรอยชำรุด หักงอ ให้ทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ และ/หรือทำการส่งซ่อมโดยด่วน และให้ทำการหยุดการใช้เครื่องป้องกันที่ชำรุดนั้น จนกว่าจะทำการซ่อมแซมแล้วเสร็จ

4) ทำการตรวจสอบอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ภายในแผนกเป็นประจำทุกวันก่อนเปิดให้บริการ เพื่อป้องกันความผิดพลาดและความไม่พร้อมในการให้บริการ หากพบว่าไม่พร้อมใช้ ให้หยุดการใช้งานอุปกรณ์และเครื่องมืออื่น ๆ โดยทันที พร้อมทั้งแจ้งต่อแผนกอุปกรณ์การแพทย์ และ/หรือเจ้าหน้าที่บริษัทคู่สัญญา

5) จัดให้มีการทบทวนและให้ความรู้แก่เจ้าหน้าที่แผนกรังสีวินิจฉัยทุกคนโดยเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทางรังสี เกี่ยวกับอันตรายจากรังสี รวมถึงวิธีการตรวจสอบและป้องกันอันตรายจากรังสีขณะทำการตรวจทางรังสี อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

7.1.2 หลักการป้องกันอันตรายจากการใช้เครื่องเอกซเรย์ทางด้านงานทันตกรรม

วัตถุประสงค์ เพื่อให้การจัดการต่าง ๆ เป็นไปตามหลักการป้องกันอันตรายจากรังสี โดยที่ผู้ป่วย ผู้ปฏิบัติงาน และสิ่งแวดล้อม ได้รับความปลอดภัยสูงสุด

7.1.2.1 หลักการป้องกันอันตรายจากรังสีสำหรับเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน

1) บุคลากรที่ใช้เครื่องเอกซเรย์ต้องผ่านการฝึกฝนการอบรมใช้เครื่องเอกซเรย์นั้น ๆ

2) เจ้าหน้าที่รังสีและผู้เกี่ยวข้องต้องติดเครื่องมือวัดรังสีประจำบุคคล (OSL หรือ TLD) ตลอดเวลาที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับรังสี

3) ไม่จับกระบอกรังสีหรือฟิล์มเอกซเรย์ให้ผู้ป่วยขณะถ่ายภาพรังสี

4) รวบรวมและรายงานปริมาณรังสีประจำบุคคลของผู้ปฏิบัติงานทางรังสี ให้เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานนั้น ๆ ทราบ ทั้งนี้ไม่ควรเกิน 20 mSv โดยเฉลี่ยต่อปี ในช่วง 5 ปีติดต่อกัน โดยไม่เกิน 50 mSv ใน 1 ปี สำหรับตลอดทั่วร่างกาย กรณีได้รับรังสีสูงเกินกว่าระดับดังกล่าว ควรตรวจสอบสาเหตุของการได้รับรังสีและหาทางแก้ไขไม่ให้ได้รับรังสีระดับนี้อีก

5) จัดเก็บรายงานปริมาณรังสีประจำบุคคลไว้เป็นหลักฐาน

7.1.2.2 หลักการป้องกันอันตรายจากรังสีสำหรับผู้ป่วยและบุคคลทั่วไป

- 1) สวมเสื้อตะกั่วและปกคอกกันรังสีให้กับผู้ป่วยทุกราย ยกเว้นถ้าไปกีดขวางการถ่ายภาพรังสีในบางเทคนิค
- 2) ใช้ปริมาณรังสีที่น้อยที่สุดเท่าที่สมควรจะได้รับ
- 3) สอบถามการตั้งครรภ์ของผู้ป่วย มีป้ายคำเตือนแก่ผู้ป่วยที่ตั้งครรภ์
- 4) ตรวจสอบเครื่องมือประจำวันว่าอยู่ในสถานภาพพร้อมใช้งาน
- 5) ติดป้ายคำเตือนบริเวณที่มีรังสี
- 6) ห้ามบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าบริเวณที่มีรังสี
- 7) เครื่องเอกซเรย์และห้องถ่ายภาพรังสีต้องผ่านการตรวจสอบมาตรฐานจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์และได้รับอนุญาตการใช้เครื่องกำเนิดรังสีจากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติทุกปี
- 8) ตรวจสอบอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสี เช่น เสื้อตะกั่ว ฉากตะกั่ว เป็นต้น

7.2 งานรังสีรักษา

เครื่องฉายรังสีทางด้านการรังสีรักษาแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ เครื่องฉายรังสีระยะไกล และเครื่องฉายรังสีระยะใกล้

7.2.1 เครื่องฉายรังสีระยะไกล เป็นเครื่องฉายรังสีสำหรับรักษาผู้ป่วยมะเร็ง มีพลังงาน (energy) อยู่ในช่วงตั้งแต่ 50 KeV จนถึงมากกว่า 1 MeV ขึ้นไป มีแหล่งกำเนิดรังสีแบ่งเป็น 2 ประเภท

7.2.1.1 รังสีกำเนิดจากสารกัมมันตรังสีโคบอลต์-60 (Cotalt-60 source)

7.2.1.2 รังสีกำเนิดจากการเร่งอิเล็กตรอน (electron) ให้มีพลังงานสูง และให้วิ่งชนเป้า (target) ที่ทำด้วยวัสดุอะตอมมิกซ์เบอร์ (atomic number) สูง เช่น ทังสเตน (tungsten)

เครื่องฉายรังสีรักษาชนิดเร่งอนุภาคอิเล็กตรอนให้วิ่งชนเป้า (linear accelerator) ดังภาพที่ 7.4 เครื่องฉายรังสีรักษาชนิดเร่งอนุภาคอิเล็กตรอนให้มีพลังงานสูง และวิ่งชนเป้า (target) มีรังสีเกิดขึ้น 2 ชนิด คือ รังสีอิเล็กตรอน (electron beam) และรังสีเอกซ์ (x-ray) พลังงานสูง



ภาพที่ 7.4 เครื่องฉายรังสีรักษานิตเรงอนุภาคอิเล็กตรอน (Linear accelerator)
แผนกรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา โรงพยาบาลรามธิบดี

รังสีอิเล็กตรอนมีพลังงานที่ใช้อยู่ในช่วง 6 MeV - 20 MeV

รังสีเอกซ์มีพลังงานสูงกว่ารังสีเอกซ์ที่ใช้ในการวินิจฉัย พลังงานที่ใช้ส่วนมาก
อยู่ในช่วง 6 MV - 18 MV

เครื่องฉายรังสีรักษานิตเรงอนุภาคนี้มีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน คือ มอดิวเลเตอร์ (modulator) เครื่องผลิตไมโครเวฟ (magnetron หรือ klystron) ท่อสำหรับเร่งอิเล็กตรอน (accelerator waveguide) อิเล็กตรอนกัน (electron gun) และหัวเครื่องฉาย (treatment head)

มอดิวเลเตอร์ (modulator) ทำหน้าที่จ่าย high voltage pulse ให้เครื่องผลิตไมโครเวฟ และ electron gun

เครื่องผลิตไมโครเวฟ (magnetron หรือ klystron) ทำหน้าที่ผลิตไมโครเวฟ (microwave) ส่งเข้าไปในท่อสำหรับเร่งอิเล็กตรอน เพื่อใช้สำหรับเร่งอิเล็กตรอนให้มีความเร็วใกล้ความเร็วแสง ไมโครเวฟที่ใช้มีความถี่ (frequency) ประมาณ 3000 เมกกะเฮิร์ตต่อวินาที (MHz sec^{-1})

ท่อสำหรับเร่งอิเล็กตรอน (accelerating waveguide) มี 2 แบบ คือ traveling waveguide ส่วนมากใช้สำหรับเร่งอิเล็กตรอนเพื่อผลิตรังสีเอกซ์สำหรับรังสีรักษา ช่วงพลังงานต่ำและ standing waveguide ใช้สำหรับเร่งอิเล็กตรอน เพื่อผลิตรังสีเอกซ์สำหรับรังสีรักษาช่วงพลังงานสูง

อิเล็กตรอนกัน (electron gun) เป็นแหล่งผลิตอิเล็กตรอน ส่งเข้าไปในท่อสำหรับเร่งอิเล็กตรอน (accelerator waveguide)

หัวเครื่องฉาย (treatment head) ทำด้วยวัสดุอะตอมมิกนัมเบอร์สูง เช่น ตะกั่ว (lead) ทังสเตน (tungsten) หรืออัลลอยด์ของตะกั่วและทังสเตน ประกอบด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้ เป้าเอกซเรย์ (X-ray target), scattering foil, flattening filter, dose monitoring chamber และ collimator

หัวเครื่องฉายจะต้องป้องกันอันตรายจากรังสีให้ได้ตามมาตรฐานความปลอดภัยสากลที่คณะกรรมการสากลว่าด้วยการป้องกันอันตรายจากรังสี (International Commission on Radiological Protection, ICRP) กำหนดสำหรับบุคลากรทำงานเกี่ยวกับเครื่องฉายรังสี (occupational) และบุคคลทั่วไป (non-occupational)

เป้าเอกซเรย์ (X-ray target) ทำด้วยวัสดุที่มี atomic number สูง เช่น ทังสเตน (tungsten) รังสีเอกซ์ที่เกิดขึ้นจะมี intensity สูงในทิศพุ่งไปข้างหน้า (forward direction)

Flattening filter อาจทำด้วยตะกั่ว (lead) ทังสเตน (tungsten) โลหะ (steel) หรืออะลูมิเนียม (aluminium) ทำหน้าที่กระจาย intensity ของ X-ray beam ให้มีความสม่ำเสมอทั่วพื้นที่รังสี

Scattering foil ทำหน้าที่กระจายรังสีอิเล็กตรอน (electron beam) ให้กระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่รังสี

Dose monitoring chamber ทำหน้าที่ตรวจวัดค่าอัตราปริมาณรังสีให้ถูกต้องตามกำหนดของแต่ละพลังงานของรังสี ถ้าไม่ถูกต้องจะทำหน้าที่หยุด (interlock)

ไม่ให้เครื่องฉายทำงาน และทำหน้าที่ตรวจวัดความสม่ำเสมอของปริมาณรังสีของพื้นที่รังสี (flatness)

Collimator ทำหน้าที่กำหนดขอบเขตพื้นที่ของรังสีเอกซ์ที่ระยะ 100 ซม. จากจุดกำเนิดรังสี มีขนาดพื้นที่ตั้งแต่ 0×0 ซม.² ถึง 40×40 ซม.²

7.2.2 เครื่องฉายรังสีรักษาระยะใกล้ (brachytherapy) โปรดดูรายละเอียดเครื่องฉายรังสีรักษาระยะใกล้ ในบทที่ 5

7.2.3 หลักการป้องกันอันตรายจากรังสีในงานรังสีรักษา

7.2.3.1 หลักการป้องกันอันตรายจากรังสีที่มีผลต่อผู้ปฏิบัติงาน

1) ผู้ปฏิบัติงานนอกจากมีความรู้และความสามารถเฉพาะทางด้านรังสีการแพทย์แล้ว ผู้ปฏิบัติงานต้องผ่านการฝึกอบรมหลักสูตร การป้องกันอันตรายจากรังสี ระดับที่ 1 เป็นอย่างน้อย จากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

2) ตรวจร่างกายประจำปี โดยการถ่ายภาพรังสีบริเวณปอดและตรวจปริมาณเม็ดเลือดขาวในกระแสโลหิต ติดเครื่องวัดรังสีประจำตัวบุคคล (OSL หรือ TLD) ขณะปฏิบัติงานกับรังสี และมีการติดตามการประเมินผลเป็นประจำ

3) ในห้องฉายรังสี มีสวิตช์สำหรับผู้ปฏิบัติงานที่ออกจากห้องฉายรังสีเป็นคนสุดท้ายกด เพื่อเตือนว่าประตูห้องฉายรังสีกำลังจะปิด และการฉายรังสีกำลังจะเริ่มขึ้น

4) ใช้เวลาในการปฏิบัติหน้าที่ในห้องฉายรังสีโคบอลต์และห้อง HDR brachytherapy ให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด เนื่องจากเครื่องโคบอลต์และแร่ ¹⁹²Ir สลายตัวให้ปริมาณรังสีออกมาสู่ภายนอกเครื่องอยู่ตลอดเวลา ควรใช้เวลาอยู่ในห้องฉายให้น้อยที่สุด แต่ขณะเดียวกันการปฏิบัติหน้าที่ภายในห้องฉายก็สัมฤทธิ์ผลด้วย

5) กำแพงที่ใช้กันรังสีต้องมีขนาดเพียงพอสำหรับผู้ปฏิบัติงานของระดับปริมาณรังสีที่ไม่เกิน 20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยภายใน 5 ปีติดต่อกัน และแต่ละปีต้องไม่เกิน 50 มิลลิซีเวิร์ต

6) ตรวจวัดปริมาณรังสีรั่วไหลจากกำแพงเป็นประจำทุกปี

7.2.3.2 หลักการป้องกันอันตรายจากรังสีที่มีผลต่อผู้ป่วย

1) รังสีแพทย์ตรวจสภาพร่างกายของผู้ป่วยเกี่ยวกับการตั้งครุภักก่อนที่จะได้รับการรักษาด้วยรังสี กรณีผู้ป่วยตั้งครุภักขณะฉายรังสี (teletherapy) ต้องมี

อุปกรณ์กำบังรังสีต่อทารกในครรภ์อย่างเพียงพอตามที่มาตรฐานกำหนด

2) ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องคำนวณปริมาณรังสีด้วยคอมพิวเตอร์ ก่อนการเปิดใช้งานเครื่องฉายรังสี

3) ตรวจสอบสภาพเครื่องฉายรังสีก่อนการใช้งานทุกวัน ได้แก่ ขนาดของแสงไฟจากเครื่องกำบังรังสี ระยะทางจากแหล่งกำเนิดรังสีถึงระยะใช้งานกับผู้ป่วย จุดหมุนของเครื่องฉายรังสีที่องศาต่าง ๆ จุดรวมแสงเลเซอร์ที่ใช้ในการจัดทำผู้ป่วย สภาพอุปกรณ์ช่วยกำบังรังสี และความสม่ำเสมอของปริมาณรังสีที่พลังงานต่าง ๆ เฉพาะสำหรับเครื่องเร่งอนุภาคอิเล็กตรอน สำหรับเครื่องฉายรังสีระยะใกล้ (brachytherapy) ต้องตรวจระยะของแร่ ^{192}Ir และการเดินทางของเม็ดแร่ นั้น ๆ เป็นประจำทุกวัน

4) ตรวจสอบสภาพเครื่องวัดปริมาณรังสีและอุปกรณ์ที่ช่วยตรวจสอบสภาพเครื่องฉายรังสีเป็นประจำ

5) ตรวจสอบอุปกรณ์ยึดตรึงผู้ป่วยที่ใช้ขณะฉายรังสีว่าได้มาตรฐาน ใช้งานง่าย และสามารถยึดตรึงผู้ป่วยได้จริง

6) มีขั้นตอนการปฏิบัติหน้าที่ที่ชัดเจนของแต่ละกลุ่มงาน

7) มีระบบการรายงานความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเพื่อการแก้ปัญหา

7.2.3.3 หลักการป้องกันอันตรายจากรังสีที่มีผลต่อบุคคลทั่วไป

1) ติดป้ายคำเตือนบริเวณที่มีรังสี

2) กำแพงที่ใช้กันรังสีต้องมีขนาดเพียงพอสำหรับบุคคลทั่วไปของระดับปริมาณรังสีที่ไม่เกิน 1 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี

7.3 หลักการออกแบบห้องเครื่องกำเนิดรังสี

เครื่องกำเนิดรังสีทั้งในงานวินิจฉัยและรักษา ต้องติดตั้งภายในห้องที่มีความปลอดภัยทางรังสีต่อบุคลากรที่ทำงานเกี่ยวข้อง ในบริเวณห้องข้างเคียงห้องกำเนิดรังสี ต้องออกแบบการกำบังทางโครงสร้าง และขนาดของห้องตามกำหนดของคณะกรรมการป้องกันความปลอดภัยทางรังสีสากลของ NCRP

ปริมาณรังสีสูงสุดที่ได้รับไว้เพื่อเป็นเกณฑ์มาตรฐานตามรายงาน NCRP ฉบับ 147 และ 151 กำหนดไว้สำหรับบริเวณพื้นที่ควบคุม (controlled area) ได้แก่ ห้องทำงานของบุคลากรทางรังสี ควรวัดปริมาณรังสีดูดกลืน (radiation absorbed dose) ได้ไม่เกิน 0.1 mSv ต่อสัปดาห์ พื้นที่ที่ไม่ควบคุม (uncontrolled area)

ได้แก่ที่สาธารณะซึ่งห่างไกลจากห้องทำงานที่เกี่ยวข้องกับรังสี ควรวัดปริมาณรังสีดูดกลืนได้ไม่เกิน 0.02 mSv ต่อสัปดาห์

การกำบังทางโครงสร้างจะจำแนกเป็น 2 ส่วน คือ การกำบังรังสีปฐมภูมิ (primary protective shield) ได้แก่ผนังห้องที่อยู่ในทิศที่รังสีชี้เข้าหา และการกำบังรังสีทุติยภูมิ (secondary protective shield) ได้แก่ผนังห้องที่ไม่ได้อยู่ในทิศที่รังสีชี้เข้าหา ซึ่งชนิดของรังสีที่ส่งผลสำคัญต่อการกำบังแบบนี้ มาจากการรั่วของรังสีบางส่วนของแหล่งกำเนิดรังสี (leakage radiation) และจากผลของการกระเจิง (secondary radiation)

การคำนวณขนาดห้อง และความหนาของผนังห้องเครื่องกำเนิดรังสีตามกำหนดของคณะกรรมการป้องกันความปลอดภัยทางรังสีสากล NCRP มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหลายปัจจัย เช่น shielding design goal (P), workload (W), use factor (U), occupancy factor (T), distance (d), transmission factor (B)

Shielding design goal (P) มีค่า 1 mSv ต่อปี (0.02 mSv ต่อสัปดาห์) สำหรับพื้นที่ไม่ควบคุม และมีค่า 5 mSv ต่อปี (0.1 mSv ต่อสัปดาห์) สำหรับพื้นที่ควบคุม

Workload (W) คือค่าภาระงานซึ่งเป็นจำนวนการใช้งานของเครื่องฉายรังสีในช่วงเวลา 1 สัปดาห์

Use factor (U) คือการใช้งานซึ่งเป็นสัดส่วนของค่าภาระงานที่รังสีเอกซ์หรือรังสีแกมมาพุ่งไปในทิศทางที่สนใจต่อค่าการทำงานทั้งหมด

Occupancy factor (T) คือค่าอาศัยซึ่งหมายถึงสัดส่วนของเวลาที่มีคนอยู่ด้านหลังผนังห้อง หรือเพดานห้อง

Distance (d) คือระยะห่างจากจุดกำเนิดรังสีถึงบริเวณที่สนใจ

Transmission factor (B) คือปริมาณจากการทะลุผ่าน

จากปัจจัยทั้งหมดที่กล่าวข้างต้น จะคำนวณความหนาของผนังห้องกำเนิดรังสีบริเวณ primary beam จากสูตรการคำนวณดังนี้

$$B_{pri} = Pd^2 / WUT$$

$$n = -\log(B_{pri})$$

$$\text{ความหนาผนังห้อง } (t_{barriers}) = TVL_1 + (n-1)TVL_e$$

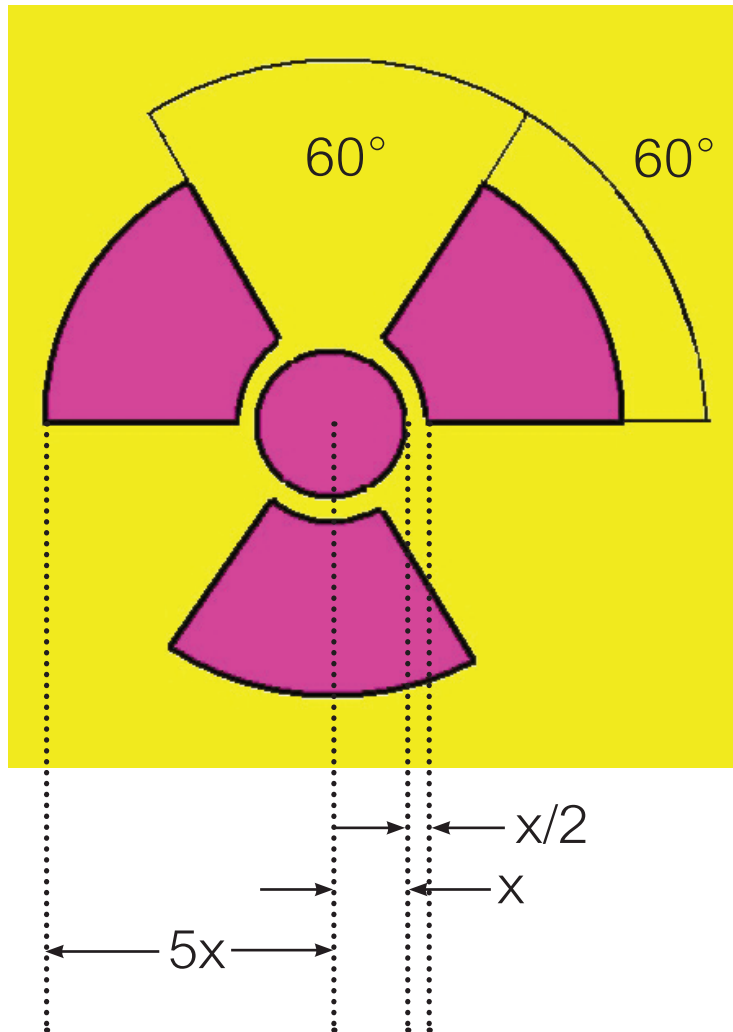
โดยที่ TVL คือ tenth value layer หมายถึงความหนาของวัตถุที่นำ
มากั้นรังสีแล้ว ทำให้ปริมาณรังสีลดลงเหลือหนึ่งในสิบ n คือจำนวนที่ต้องการของ
TVL

บทที่ 8

เครื่องหมายสัญลักษณ์ทางรังสี

ตามมาตรฐานและมาตรการการป้องกันอันตรายจากรังสีสากล บริเวณรังสี ต้องมีป้ายเครื่องหมายสัญลักษณ์ทางรังสีกำกับอยู่ด้วย

คณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติมีมติยกเลิก พ.ป.ส. 16 “เครื่องหมายสัญลักษณ์เตือนภัยทางรังสี” ตามประกาศคณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ลงวันที่ 29 กรกฎาคม พ.ศ.2546 และใช้ “เครื่องหมายสัญลักษณ์ทางรังสี” แสดงดังภาพที่ 8.1



ภาพที่ 8.1 แสดงเครื่องหมายสัญลักษณ์ทางรังสี

8.1 เครื่องหมายสัญลักษณ์ทางรังสีมีสัดส่วนของวงกลมตรงกลางมีรัศมี x และ $x/2$

8.2 เครื่องหมายสัญลักษณ์ทางรังสีนี้ต้องมีพื้นป้ายเป็นสีเหลือง และสำหรับวงกลมและแถบใบพัดมีสีม่วงแดงหรือสีดำ

บทที่ 9

เครื่องวัดรังสีประจำบุคคล

ผู้ที่ต้องปฏิบัติงานทางด้านรังสีที่ต้องเกี่ยวข้องกับการใช้รังสี ต้องมีเครื่องวัดรังสีประจำบุคคลติดไว้บริเวณของร่างกายที่ต้องการทราบค่าปริมาณรังสี ชนิดเครื่องวัดรังสีประจำบุคคลปัจจุบันมี 2 ชนิด ได้แก่ แผ่นวัดรังสีทีแอลดี (TLD card) และแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล (OSL card)

9.1 แผ่นวัดรังสี ทีแอลดี (TLD Card)

หลักการทํางาน ทีแอลดี (Thermoluminescence Dosimetry: TLD) เป็นผลึกของสารประกอบบาง เมื่ออิเล็กตรอนที่ประจำอยู่ในแต่ละชั้นของระดับพลังงานภายในผลึกนี้ได้รับพลังงานจากรังสี อิเล็กตรอนมีการสะสมพลังงานเอาไว้ โดยการเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานของอิเล็กตรอน และเมื่อผลึกได้รับความร้อนที่เหมาะสม อิเล็กตรอนภายในผลึกจะคายพลังงานที่เก็บไว้ออกมาในรูปของแสง ปรากฏการณ์นี้จึงเรียกว่า thermoluminescence ปริมาณของแสงนี้ จะถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าซึ่งจะแปรผันตรงตามปริมาณรังสีที่ผลึกได้รับ

แผ่นวัดรังสีทีแอลดีของก่องรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข สามารถวัดรังสีฟोटอนพลังงานมากกว่า 10 KeV (รังสีเอกซ์และแกมมา) รังสีเบตาพลังงานมากกว่า 70 KeV และรังสีจาก thermal neutron พลังงานไม่เกิน 100 KeV โดยมีช่วงการวัดตั้งแต่ 10 ไมโครซีเวิร์ต ค่าการ

จางหายของสัญญาณหลังจากได้รับรังสี (fading) น้อยกว่า 5% ภายในระยะเวลา 3 เดือน

แผ่นวัดรังสีต้องใช้คู่กับตัววัดรังสี ซึ่งตัววัดรังสีจะบรรจุแผ่นกรองรังสี ชนิดและความหนาแตกต่างกัน เพื่อใช้วิเคราะห์ตามข้อกำหนดของ International Commission on Radiation Units and Measurements Report No. 47 หรือ ICRU47

9.1.1 การใช้งาน

9.1.1.1 กองรังสีและเครื่องมือแพทย์ จะส่งตัววัดรังสีที่บรรจุแผ่นวัดรังสีที่ แอลดีพร้อมแบบฟอร์มกำหนดรายชื่อผู้ใช้และหมายเลขของแผ่นวัดรังสีที่กำหนดด้วย แถบ barcode ซึ่งสามารถมองเห็นได้จากช่องพลาสติกด้านหลัง

9.1.1.2 ติดแผ่นวัดรังสีที่แอลดี ไว้บริเวณที่มีโอกาสได้รับปริมาณรังสี ซึ่งโดยทั่วไปอยู่ที่ช่วงระหว่างหน้าอกถึงเอวในระหว่างปฏิบัติงานทางด้านรังสี โดยหัน ด้านป้อนออกจากรังสี ดังแสดงในภาพที่ 9.1 ผู้ใช้ควรใช้เชือกแขวนป้ายชื่อคล้องที่ตัว ตัววัดรังสี เพื่อป้องกันการสูญหาย

9.1.1.3 หากใส่เสื้อตะกั่วให้ติดไว้ภายในเสื้อตะกั่ว หากต้องการวัด รังสีที่อวัยวะอื่น ควรติดอุปกรณ์วัดรังสีที่แอลดีที่เหมาะสม เช่น ชนิดทำเป็นแหวน หรือชนิดติดข้อมือเพิ่มเติม

9.1.1.4 รอบการให้บริการพื้นฐานเดือนละ 1 ครั้ง



ภาพที่ 9.1 แสดงตำแหน่งการติดตั้ง TLD บริเวณที่มีโอกาสได้รับรังสี

9.2 แผ่นวัดรังสีโอเอสแอล (OSL card)

Optically Stimulated Luminescence (OSL) แสดงดังภาพที่ 9.2 เป็นผลึกของสารประกอบ $Al_2O_3: C$ ซึ่งมีคุณสมบัติที่เมื่อได้รับพลังงานจากรังสีแล้วจะสะสมพลังงานเอาไว้โดยการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอน เมื่อมีการกระตุ้นด้วยแสงสีเขียวความเข้มที่เหมาะสม ผลึกจะคลายพลังงานที่ได้รับมาส่วนหนึ่งในรูปของแสงสีน้ำเงินที่มีปริมาณของแสงที่ปล่อยออกมาแปรตามปริมาณรังสีที่ได้รับ

ปรากฏการณ์ดังกล่าวคล้ายกับขบวนการของ TLD ต่างกันที่วิธีการกระตุ้น โดยที่แอลดีใช้ความร้อน แต่โอเอสแอลใช้แสง ผลึกของ $Al_2O_3: C$ เมื่อนำมาบรรจุเป็นแผ่นวัดรังสีแล้วต้องใส่คู่กับตัวลบใส่แผ่นวัดรังสีซึ่งตัวลบจะบรรจุแผ่นกรองรังสีชนิดและความหนาแตกต่างกัน เพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณรังสี ตามข้อกำหนดของ International Commission on Radiation Units and Measurements Report No. 47 (ICRU 47)

9.2.1 การใช้งาน

9.2.1.1 กองรังสีและเครื่องมือแพทย์จะส่งตลับที่บรรจุแผ่นวัดรังสีพร้อมแบบฟอร์มกำหนดรายชื่อผู้ใช้และหมายเลขของแผ่นวัดรังสีที่กำหนดด้วยแถบ barcode ซึ่งสามารถมองเห็นได้จากด้านหลังของตลับบรรจุ ส่วนด้านหน้าของตลับเขียนว่าแผ่นวัดรังสี OSL และชื่อกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

9.2.1.2 ติดแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล ไว้บริเวณที่มีโอกาสได้รับรังสี ซึ่งโดยทั่วไปอยู่ที่ช่วงระหว่างหน้าอกถึงเอว เมื่อปฏิบัติงานด้านรังสี ให้หันด้านที่เขียนว่าแผ่นวัดรังสีโอเอสแอลออกับรังสี ดังแสดงในภาพที่ 9.2 ผู้ใช้ควรใช้เชือกแขวนป้ายชื่อคล้องที่ตัวตลับเพื่อป้องกันการสูญหาย

9.2.1.3 เหมือนข้อ 9.1.1.3 และ 9.1.1.4 ของการใช้งานที่แอลดี



ภาพที่ 9.2 แสดงการติด OSL บริเวณที่มีโอกาสได้รับรังสี

9.3 ขีดจำกัดของการได้รับรังสี: สำหรับบุคลากรด้านรังสี

9.3.1 เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานด้านรังสีควรได้รับรังสีในระดับต่ำสุดหรือได้รับในปริมาณที่คงที่ ทั้งนี้ระดับปริมาณรังสีที่ต้องมีการแทรกแซง คือ

9.3.1.1 ได้รับรังสีเกิน 4 มิลลิซีเวิร์ตต่อ 1 เดือน หรือ 12 มิลลิซีเวิร์ตต่อ 3 เดือน สำหรับรังสีที่มีอำนาจทะลุทะลวงสูง (Hp10) เช่น รังสีเอกซ์และรังสีแกมมา

9.3.1.2 ได้รับเกิน 25 มิลลิซีเวิร์ตต่อ 1 เดือน หรือ 75 มิลลิซีเวิร์ตต่อ 3 เดือน สำหรับรังสีที่มีอำนาจทะลุทะลวงต่ำ (Hp 0.07) เช่น รังสีเอกซ์พลังงานต่ำและรังสีบีตา เป็นต้น

กรณีได้รับรังสีสูงเกินกว่าระดับดังกล่าวควรตรวจสอบสาเหตุของการได้รับรังสีและหาทางแก้ไขไม่ให้เกิดได้รับรังสีระดับนี้อีก

9.3.2 ขีดจำกัดของการได้รับรังสีตาม International Commission on Radiological Protection Report No. 103 (ICRP 103): ในช่วง 5 ปีติดต่อกัน ต้องได้รับรังสีเฉลี่ยต่อปีไม่เกิน 20 มิลลิซีเวิร์ต ทั้งนี้ในปีใดปีหนึ่งอาจได้รับเกิน 20 มิลลิซีเวิร์ต แต่ต้องไม่เกิน 50 มิลลิซีเวิร์ต

เอกสารอ้างอิง

1. กองรังสีและเครื่องมือแพทย์ ความรู้เกี่ยวกับแผ่นวัดรังสีทีแอลดี TLD card และแผ่นวัดรังสีโอเอสแอล OSL dosimeter
2. คำสั่งมหาวิทยาลัยมหิดลที่ 1967/2549 เรื่อง แต่งตั้งคณะอนุกรรมการความปลอดภัยทางรังสี มหาวิทยาลัยมหิดล (Radiation Safety Subcommittee) สั่ง ณ วันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2549
3. นคร ไพศาลกิตติสกุล ฟิสิกส์เชิงรังสี (Radiological physics). กรุงเทพฯ: Thai Print on Demand; 2553
4. สมาคมเวชศาสตร์นิวเคลียร์แห่งประเทศไทย, สมาคมฟิสิกส์การแพทย์ และสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ Radiation Safety Management in Nuclear Medicine พี เอ ลีฟวิง 2549
5. สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การป้องกันอันตรายจากรังสีระดับ 2 2546
6. สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คู่มือความปลอดภัยทางรังสี คปร 2 /2548
7. สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คู่มือความปลอดภัยทางรังสี คปร 3 /2548
8. สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่างคู่มือความปลอดภัยทางรังสี สำหรับงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์
9. อัมพร ผืนเขียน เอกสารประกอบการบรรยาย เรื่อง อันตรายจากรังสีและการควบคุม 2547
10. Dowd SB. Practical radiation protection and applied radiobiology. WB Saunders Company. USA, 1994.
11. Greene D, Williams PC. Linear accelerators for radiation therapy. New York: Taylor & Francis Group; 1997.
12. Hendee WR, Ibbott GS, Hendee EG. Radiation therapy physics. 3rd ed. New Jersey: Wiley-Liss; 2004.

13. International Atomic Energy Agency. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources, Safety series No. 115. Vienna: IAEA; 1996.
14. International Commission on Radiological Protection (ICRP 60). 1990 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Pergamon Press. USA, 1990.
15. International Commission on Radiological Protection. Radiation Protection. ICRP Publication 60; 72-74.
16. Khan FM. The physics of radiation therapy. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2009.
17. Mark T. Madsen, et al. AAPM Task Group 108: PET and PET/CT shielding requirement. Med. Phy, 2006; 33(1).
18. Mould RF. Radiation protection in hospitals. Adam Hilger Ltd. USA, 1985.
19. National Council on Radiation Protection and Measurements. Structural shielding design for medical X-ray imaging facilities, NCRP report No. 147. Bethesda Maryland: NCRP; 2004.
20. National Council on Radiation Protection and Measurements. Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities, NCRP report No. 151. Bethesda Maryland: NCRP; 2005.
21. Radiation biology for the Radiologist, Eric J. Hall, Amato J Giaccia. 6th edition, Lippincott William and Wilkins, 2006.

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1 ค่าปริมาณรังสีที่ยอมรับได้ (dose limit) สำหรับผู้ปฏิบัติงานทางรังสีและบุคคลทั่วไป

ภาคผนวกที่ 2 แบบฟอร์มขออนุญาตใช้สารกัมมันตรังสี มหาวิทยาลัยมหิดล



ภาคผนวกที่ 1

ค่าปริมาณรังสีที่ยอมรับได้
(dose limit)
สำหรับผู้ปฏิบัติงานทางรังสีและบุคคลทั่วไป

Recommended dose limits¹

Application	Occupational	Public
Effective dose	20 mSv per year, averaged over defined periods of 5 years ²	1 mSv in a year ³
Annual equivalent dose in the lens of the eye	150 mSv	15 mSv
The skin ⁴	500 mSv	50 mSv
The hands and feet	500 mSv	-

¹ The limits apply to the sum of the relevant doses from external exposure in the specified period and the 50 – year committed dose (to age 70 years for children) from intakes in the same period.

² With the further provision that the effective dose should not exceed 50 mSv in any single year. Additional restrictions apply to the occupational exposure of pregnant woman.

³ In special circumstance, a higher value of effective dose could be allowed in a single year, provided that the average over 5-year dose not exceed 1 mSv per year.

⁴ The limitation on the effective dose provides sufficient protection for the skin against stochastic effects. An additional limit is needed for localized exposures in order to prevent deterministic effects.



ภาคผนวกที่ 2

แบบฟอร์มขออนุญาตใช้สารกัมมันตรังสี มหาวิทยาลัยมหิดล

INSTRUCTIONS
APPLICATION FOR RADIOACTIVE MATERIAL USER'S PERMIT,
MAHIDOL UNIVERSITY

It is the requirement of Mahidol University that all students and researchers working with radioactive materials MUST apply for a Radioactive Material User's Permit. It is understood that he/she agrees to follow all applicable rules, regulations and any conditions specified in the permit, and MUST have appropriate Radiation Safety knowledge, i.e. holding valid certificate of Radiation Safety Training course. Permits will be granted to Authorized Users under the authority of Mahidol University Radiation Safety Subcommittee. New permit will last for 1 year starting from the date of approval. Individuals with expired permit must apply for renewal prior to working/handling radioactive materials.

Please complete the application form and submit it to

Center for Occupational Safety, Health and Environment
Management (COSHEM) 999 Phuttamonthon 4 Road, Salaya,
Nakhon Pathom 73170, THAILAND

Tel: 0 2441 4400 # 1171 - 1173, Fax: 0 2441 9720

MAHIDOL UNIVERSITY
APPLICATION FOR RADIOACTIVE MATERIAL USER'S PERMIT

<p>1. Applicant's Name:.....</p>	<p>2. Date of application:.....</p>
<p>3. Address of Applicant:</p> <p style="padding-left: 20px;">Department.....</p> <p style="padding-left: 20px;">Faculty.....</p> <p style="padding-left: 20px;">Building.....</p> <p style="padding-left: 20px;">Room No.....</p> <p style="padding-left: 20px;">Tel..... Fax</p> <p style="padding-left: 20px;">e-mail.....</p>	<p>4. Address where radioactive material(s) will be used and/or stored:</p> <p style="padding-left: 20px;">Department</p> <p style="padding-left: 20px;">Faculty.....</p> <p style="padding-left: 20px;">Building.....</p> <p style="padding-left: 20px;">Room No.....</p>
<p>5. Name and Address of Principal Investigator (in case Applicant and Principal Investigator are different person):</p> <p style="padding-left: 20px;">Name.....</p> <p style="padding-left: 20px;">Department.....</p> <p style="padding-left: 20px;">Faculty.....</p> <p style="padding-left: 20px;">Building.....</p> <p style="padding-left: 20px;">Room No.....</p> <p style="padding-left: 20px;">Tel..... Fax</p> <p style="padding-left: 20px;">e-mail.....</p>	<p>6. Designated Departmental or Institutional Radiation Safety Person:</p> <p style="padding-left: 20px;">Name.....</p> <p style="padding-left: 20px;">Department.....</p> <p style="padding-left: 20px;">Faculty.....</p> <p style="padding-left: 20px;">Building.....</p> <p style="padding-left: 20px;">Room No.....</p> <p style="padding-left: 20px;">Tel..... Fax</p> <p style="padding-left: 20px;">e-mail.....</p>

<p>7. This is an application for (check one):</p> <p><input type="checkbox"/> New Permit</p> <p><input type="checkbox"/> Renewal</p>	
<p>8. INDIVIDUAL RADIATION WORKERS:</p> <p>List names of individuals who use or directly supervise the use of radioactive materials in your laboratory. These include principal investigator, technicians, graduate students, etc.</p> <p>1.1 Name:.....e-mail:.....</p> <p>1.2 Name:.....e-mail:.....</p> <p>1.3 Name:.....e-mail:.....</p> <p>1.4 Name:.....e-mail:.....</p> <p>1.5 Name:.....e-mail:.....</p>	

9. RADIOACTIVE MATERIAL:

List the radionuclides you are applying to use on campus, their chemical form, and the maximum amount of activity you plan to possess at any one time. If you plan to bring radionuclides on campus from another location, request to transfer the radionuclides MUST be first approved by Mahidol University Radioactive Safety Subcommittee, and inventory of the transferred radionuclides MUST be submitted.

9.1 *Sealed sources*: list maximum anticipated activity of current sealed source activity, and include an inventory of sources of the listing radionuclide(s), activity and serial number.

Element and mass number	Manufacturer, and serial number (if available)	Estimation of maximum number of sources and maximum activity per source to be possessed at any one time
A		
B		
C		
D		
E		

9.2 *Unsealed sources*:

Element and mass number	Manufacturer, and serial number (if available)	Estimation of maximum number of sources and maximum activity per source to be possessed at any one time
A		
B		
C		
D		
E		

10. RADIATION DETECTION INSTRUMENTS:

Type of instrument	Purchase date	Manufacturer	Model #	Serial #	Radiation Detected	Last calibrated	By whom	Location Bldg & Rm #	Meter range	Owner
A										
B										
C										
D										
E										

11. SUPPLEMENTAL SHEETS OF THE APPLICATION:

11.1 PURPOSE OF USING THE RADIOACTIVE MATERIAL:

For unsealed source, briefly describe the purpose of using the specified radioactive material. Materials and Methods section of the published journal articles may be helpful references. For sealed sources, provide the type, manufacturer, model number and serial number of the storage container and/or device in which the source will be stored and/or used. For installed devices, describe arrangements for performing initial radiation survey, servicing, maintenance and repair of the device.

11.2 PERSONNEL MONITORING:

Indicate devices and/or procedures to be used (TLD, OSL, bioassays, etc.) for monitoring the radioactive material.

.....

11.3 FACILITIES AND EQUIPMENT:

Describe laboratory facilities available for carrying out radioactive experiments, i.e. work areas, waste storage areas, remote handling equipment, refrigerators/freezers used for storage, waste containers, shielding, fume hoods, glove boxes, etc. Attach the laboratory map where radioactive materials will be used.

.....
.....

11.4 WASTE DISPOSAL:

Describe the methods of disposing radioactive wastes in your laboratory.

.....
.....

This is to certify that I am aware of the safety procedures to handle radioactive materials and agree to follow strictly the radiation safety regulations of Mahidol University.

Applicant's Signature..... Date.....

Chairperson's Signature..... Date.....



คณะกรรมการความปลอดภัยทางรังสี
ศูนย์บริหารความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม (COSHEM)
มหาวิทยาลัยมหิดล