

24. การควบคุมคุณภาพเทคนิคทางรังสีรักษา

ระวีวรรณ โชติเจริญรัตน์ วท.ม.*

รังสีรักษา คือการนำเอกซเรย์หรือรังสีชนิดอื่นมาใช้รักษาโรคต่าง ๆ ที่สำคัญคือมะเร็ง การรักษาอาจทำได้โดยนำสารกัมมันตรังสีใส่เข้าไปในร่างกายหรือให้แหล่งกัมมันตรังสีอยู่นอกร่างกายฉายรังสีไปยังบริเวณที่ต้องการรักษา บทความนี้มีขอบเขตเฉพาะการฉายรังสีจากภายนอก

เมื่อรังสีผ่านเข้าไปในร่างกาย รังสีจะทำลายเนื้อเยื่อ ทั้งเนื้อเยื่อปกติและเนื้อเยื่อที่ต้องการรักษา การรักษาจะได้ผลดีเมื่อเนื้อร้ายได้รับรังสีมากที่สุด และถูกทำลาย เนื้อเยื่อปกติได้รับรังสีน้อย และไม่เป็นอันตราย จึงจะเรียกได้ว่าการรักษานั้นประสบผลสำเร็จ

การรักษาด้วยรังสีประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ได้แก่ การตรวจหาตำแหน่งและการคลำของมะเร็ง วางแผนการรักษาโดยเลือกเทคนิคที่เหมาะสมที่สุดและคำนวณปริมาณรังสีที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของร่างกาย และการใช้รังสีตามเทคนิคที่วางแผนไว้

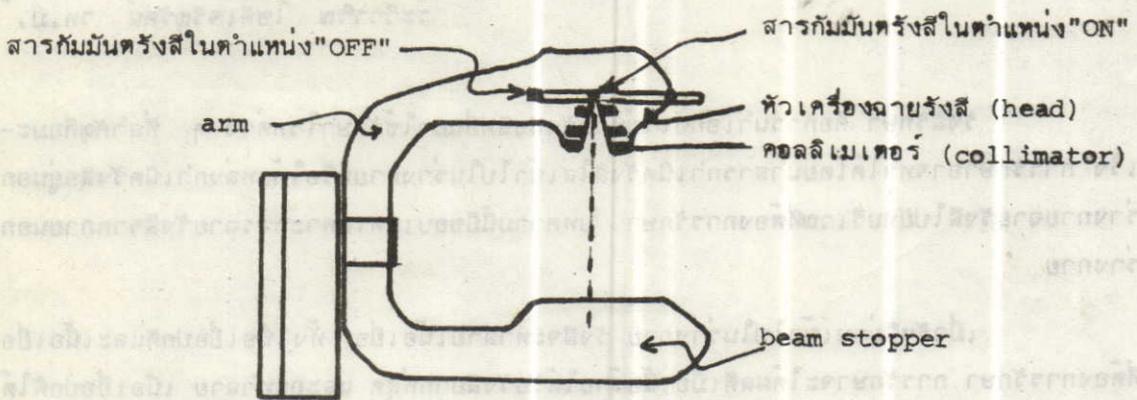
นักรังสีเทคนิคมีบทบาทในขั้นตอนต่าง ๆ ดังกล่าว นอกจากนั้นยังมีหน้าที่ในการควบคุมคุณภาพของเครื่องมือและเทคนิคการฉายรังสี เพื่อให้การรักษาเป็นไปตามแผนที่วางไว้ บทความนี้จะเน้นถึงวิธีควบคุมคุณภาพเครื่องฉายรังสี และการฉายรังสี

เครื่องฉายรังสี

รังสีที่นิยมนำมาใช้ มีแหล่งกำเนิด 2 ชนิดคือ รังสีเอกซ์จากหลอดเอกซเรย์ และรังสีแกมมาพลังงานสูงจากสารกัมมันตรังสี แหล่งกำเนิดรังสีบรรจุใน housing ซึ่งจะกั้นรังสีในทิศทางอื่นมีช่องเปิดให้รังสีออก ซึ่งมีคอลลิเมเตอร์บังคับลำรังสีให้มีขนาดตามต้องการ สำหรับเครื่องที่ใช้สารกัมมันตรังสีจะต้องมีการเคลื่อนสารเข้าในที่เก็บเมื่อไม่ใช้ และเคลื่อนสารมาตรงตำแหน่งคอลลิเมเตอร์ เมื่อต้องการฉายรังสี ส่วนประกอบเหล่านี้จะบรรจุในหัวเครื่องฉายรังสี (head) ซึ่งหัวเครื่องฉายรังสีสามารถหมุนไปรอบตัวผู้ป่วยได้โดยมี beam stopper ช่วยถ่วงน้ำหนัก (counter weight) คนละข้างของ gantry หรือ arm (รูปที่ 1) มีวงจรถ่ายโอนข้อมูลการเคลื่อนที่ของสารกัมมันตรังสี การหมุนของ head และสัญญาณเปิด-ปิดประตู เครื่องฉายรังสีและเตียงจะติดตั้งในห้องซึ่งมีผนังหนา ขณะฉายรังสีเจ้าหน้าที่จะอยู่นอกห้อง และเฝ้าดูผู้ป่วยจากหน้าต่างหรือทีวี

* ภาควิชารังสีเทคนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วงจรมัด



รูปที่ 1 เครื่องฉายรังสีที่ใช้สารกัมมันตรังสีเป็นแหล่งกำเนิดรังสี เป็นเครื่องฉายรังสีแบบ rotation unit

การควบคุมคุณภาพของเครื่องฉายรังสีแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การทดสอบกลไกของเครื่อง (mechanical test) และการทดสอบรังสีจากเครื่อง (radiation test)

วิธีทดสอบขึ้นกับชนิดของเครื่อง ซึ่งมีรายละเอียดของโครงสร้างไม่เหมือนกัน เช่น เครื่องที่หัวเครื่องฉายรังสีสามารถหมุนได้ (rotation unit) จะต้องทดสอบหาจุดหมุนเป็นต้น การทดสอบเครื่องจะต้องทำหลังจากติดตั้งเครื่องฉายรังสีเสร็จสิ้นลง โดยทำการทดสอบก่อนเจ้าหน้าที่ติดตั้งเครื่องจะจากไป และควรทำอีกเป็นระยะ ๆ เพื่อทดสอบว่าเครื่องยังอยู่ในสภาพดี การทดสอบที่ควรทำได้แก่

1. การทดสอบกลไกของเครื่องและระบบ

1.1 door interlock ประตูห้องฉายรังสีควรมีวงจรไฟฟ้าติดต่อกับเครื่องฉายรังสี เมื่อประตูเปิดเครื่องควร "OFF" โดยอัตโนมัติทุกครั้ง

การทดสอบให้ปิดประตูและ "ON" เครื่อง ในขณะที่เครื่อง "ON" เปิดประตูเครื่องจะต้อง "OFF" การทดสอบควรทำต่อโดยทำการ "ON" เครื่องอีกครั้ง

door interlock ควรอยู่ในลักษณะที่ถ้าประตูห้องปิดไม่สนิท เครื่องไม่สามารถ "ON" ได้

ฉบับพิเศษ ปีที่ 17 (3), 18 (1,2) 2528

1.2 ทดสอบความสมดุลของหัว เครื่องฉายรังสี (head) และ counter weight เครื่องที่สามารถฉายรังสีแบบ rotation จะต้องมี counter weight เพื่อถ่วงน้ำหนัก หัวเครื่องฉายรังสี อยู่คนละข้างของแขน (gantry หรือ arm) น้ำหนักของทั้งสองควรถ่วงกันได้พอดี แม้ว่าเบรคเสียเครื่องจะไม่สึกกลับ

การทดสอบให้ปลดเบรคทุกอัน แล้วสังเกตดูว่าน้ำหนักของหัวและ counter weight สมดุลกันหรือไม่

1.3 หัวเครื่อง เพียง และ แขน ควรเคลื่อนที่ได้ ไปด้วยความเร็วสม่ำเสมอ และหยุดได้มั่นคง

1.4 source condition indicator สัญญาณไฟฟ้าที่แสดงถึงสภาพการทำงานของเครื่อง เมื่อเครื่องอยู่ในสภาพ "ON" หมายถึงกำลังฉายรังสี ถ้าเป็นเครื่องฉายรังสีที่ใช้สารกัมมันตรังสี ขณะนี้สารจะอยู่ที่ตำแหน่งช่องกลางคอลลิเมเตอร์ (collimator) ถ้าเป็นเครื่องเอกซเรย์ ขณะนี้จะมีเอกซเรย์ออกมา ขณะที่เครื่องอยู่ในสภาพนี้ ควรมีสัญญาณเช่นสัญญาณไฟแดงอยู่ที่แผงควบคุมเครื่องฉายรังสีและประตูห้อง ถ้าเครื่องไม่อยู่ในสภาพฉายรังสีเรียกว่าอยู่ในสภาพ "OFF" ก็ควรมีสัญญาณแสดง สัญญาณทั้งสองชนิดนี้จะต้องทดสอบว่าทำงานได้ดี การทดสอบควรทำซ้ำหลาย ๆ ครั้ง

1.5 source holder/shutter movement ช่วงระยะเวลาที่ใช้เคลื่อนสารกัมมันตรังสีจากที่เก็บออกมาถึงคอลลิเมเตอร์ หรือช่วงเวลาที่ชัตเตอร์ (shutter) เปิด - ปิด ควรคงที่ตลอด ถ้าต้องใช้เวลามากขึ้น แสดงว่ากลไกของเครื่องส่วนนี้ขัดข้อง ต้องแก้ไข

วิธีทดสอบใช้นาฬิกาจับเวลา ตั้งแต่ source เริ่มจาก fully "OFF" ไปอยู่ในตำแหน่ง fully "ON" และตำแหน่ง fully "ON" ไปสู่ตำแหน่ง fully "OFF" ควรทดสอบหลาย ๆ ครั้ง ถ้าเป็นเครื่องฉายรังสีชนิดหัวหมุนได้ ควรทดสอบในขณะที่หัวอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ กัน เช่นในแนวตั้งลง (0°) แนวระดับ (90° , 270°) และแนวตั้งทิศทางรังสีพุ่งขึ้น (180°)

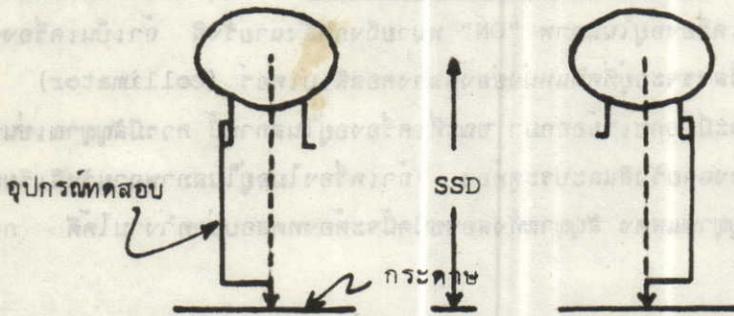
1.6 pneumatic system สำหรับเครื่องที่ใช้ระบบขับเคลื่อน source ด้วยระบบลมดัน เจ้าหน้าที่ควรดูแลรักษาเครื่องตามคำแนะนำของบริษัทผู้สร้าง เช่นความชื้นใน air reservoir, ระดับความดันของอากาศ เป็นต้น

1.7 central axis indicator
central axis คือเส้นที่ลากผ่านกลาง source และกลางคอลลิเมเตอร์ central axis อาจแสดงด้วย เงามองจุดตัดของเส้นฉากสองเส้น, pointer, หรือ

pin and arc

การทดสอบแสดงโดยรูป 2 ใช้อุปกรณ์ทดสอบที่คอลลิเมเตอร์ด้านใดด้านหนึ่งให้จุดปลายของอุปกรณ์ทดสอบชี้ที่จุด central axia ซึ่งตรงกับเครื่องหมายบนกระดาษ เมื่อหมุนคอลลิเมเตอร์ไปโดยรอบ ให้สังเกตว่าจุดปลายอุปกรณ์ยังชี้ที่จุดเดิมหรือไม่ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับคือที่ระยะฉายรังสี เช่น ระยะ SSD (Source Skin Distance) ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร

หมุนหัวเครื่องให้อยู่ในแนวระดับทำการทดสอบด้วยวิธีเดิม



รูปที่ 2 แสดงการทดสอบตำแหน่ง central axis

1.8 พื้นที่รังสีและพื้นที่แสงไฟ (light-radiation field congruence)

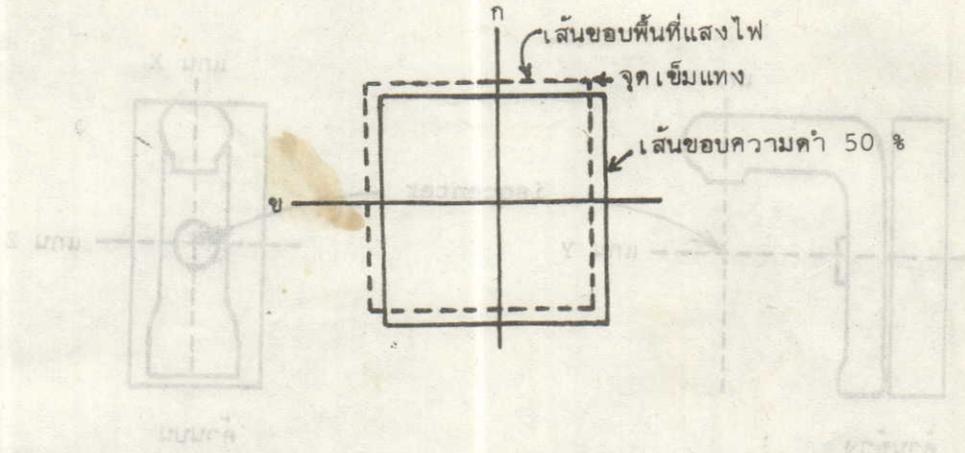
พื้นที่รังสีและพื้นที่แสงไฟของเครื่องฉายรังสีจะต้องทับกันได้พอดี เครื่องฉายรังสีบางเครื่องกำหนดให้พื้นที่แสงไฟตรงกับเส้นเพนนัมบรา (penumbra) 50 % แต่บางเครื่องอาจกำหนดให้ตรงกับเส้น 80 % อย่างไรก็ตามขอบเขตของพื้นที่แสงไฟจะต้องทับกับเส้นที่กำหนดทุก ๆ ด้าน ความคลาดเคลื่อนนี้จะต้องไม่เกิน ± 3 ม.ม. สำหรับพื้นที่ 10 x 10 ซม. ที่ระยะฉายรังสี การทดสอบทำได้หลายวิธีเช่น

1.8.1 ใช้ริชต์ถ่ายฟิล์ม ใช้ฟิล์มแบบ non screen เปิดพื้นที่แสงไฟ

ขนาด 10 x 10 ซม. ทำเครื่องหมายพื้นที่แสงไฟ โดยใช้เข็มแทงเป็นจุดเล็ก ๆ ให้ทะลุฟิล์มทั้งสี่มุม แล้วจึงฉายรังสีลงบนฟิล์ม ปริมาณรังสีที่ใช้ ควรทำให้ฟิล์มมีความดำระหว่าง 1 - 2 ล้างฟิล์มแล้วใช้เครื่องวัดความดำของฟิล์ม (densitometer) อ่านความดำฟิล์มในแนว ก และ ข. ซึ่งผ่าน

จุด central axis (รูป 3) ถ้าพื้นที่แสงไฟและพื้นที่รังสีตรงกัน เส้นขอบพื้นที่แสงไฟทั้งสี่ด้านจะต้องดำเท่ากัน

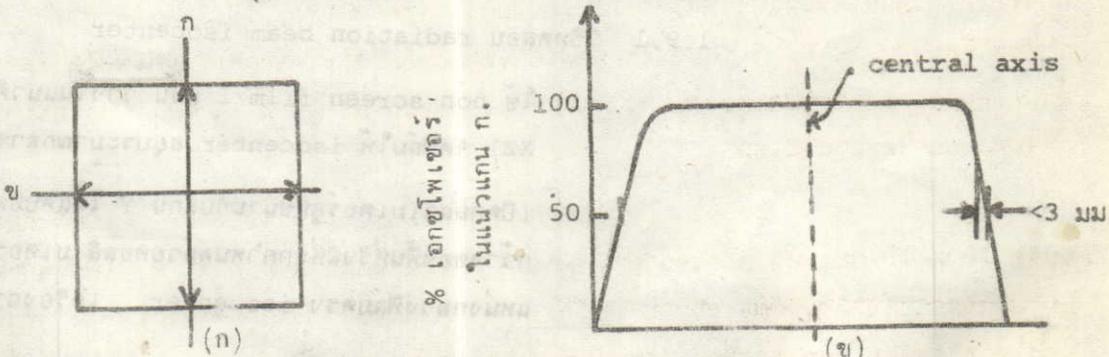
หมุนคอลลิมิเตอร์ไป 180° ทำการทดสอบอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 3 แสดงฟิล์มที่พื้นที่รังสีและพื้นที่แสงไฟไม่ตรงกัน

1.8.2 ใช้เครื่องวัดรังสีแบบไอออนไนเซชันแชมเบอร์ (ionization chamber) หรือเครื่องวัดชนิดอื่นที่มีหัววัดขนาดเล็ก (≤ 6 มิลลิเมตร) วัดเอกซโพเชอร์ (exposure) ที่ระยะฉายรังสี (SSD) พื้นที่ 10×10 ซม. โดยเริ่มจากจุด central axis ออกไปหาขอบพื้นที่รังสีทั้งสี่ด้าน ตามแนว ก และ ข (รูป 4 ก) นำค่าเอกซโพเชอร์แต่ละค่าไปคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าที่ central axis นำค่าที่ได้ไปพล็อตกราฟ ได้รูปที่ 4 ข ขอบพื้นที่แสงไฟควรตัดกราฟที่ % เอกซโพเชอร์เดียวกัน

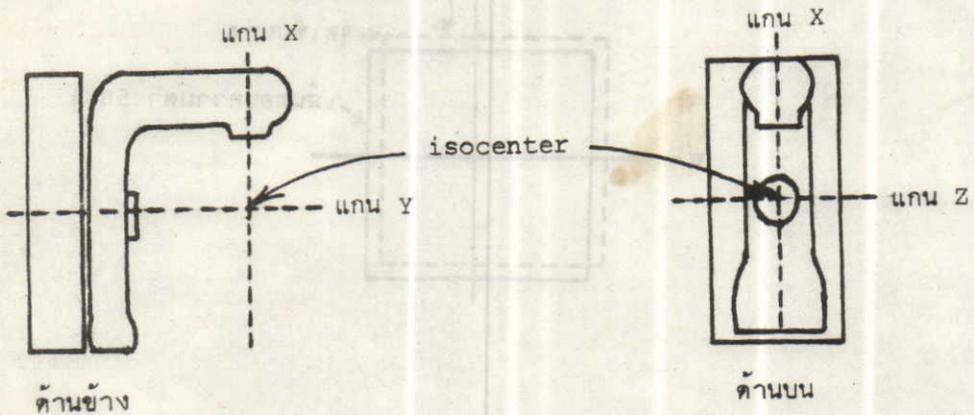
หมุนคอลลิมิเตอร์ไป 180° ทำการทดสอบอีกครั้ง



รูปที่ 4 แสดงการทดสอบพื้นที่แสงไฟและพื้นที่รังสี โดยใช้เครื่องวัดรังสี

1.9 isocenter position

isocenter คือจุดที่แกนสามแกนของเครื่องฉายรังสีตัดกัน ได้แก่แกนของคอลลิเมเตอร์ หรือ central axis (แกน X) แกนหมุนของแขน (แกน Y) และแกนตามแนวขวางเพียงผ่านจุดหมุน (แกน Z) ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 isocenter ของเครื่องฉายรังสี

ระยะที่กำหนดบน central axis หรือ pointer เป็นแกน X แสงเลเซอร์จากผนังห้องเป็นแกน Z และจากเพดานเป็นแกน Y

isocenter จะต้องเป็นจุดเดียว ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับคือค่าคลาดเคลื่อนอยู่ในทรงกลม ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มม.

isocenter มีสองชนิด ได้แก่ mechanical isocenter และ radiation beam isocenter

1.9.1 วิธีทดสอบ radiation beam isocenter

- (1) ใช้ non screen film 1 แผ่น วางในแนวตั้ง (ระนาบ XZ) จัดฟิล์มให้ isocenter อยู่ประมาณกลางฟิล์ม
- (2) เปิดคอลลิเมเตอร์คู่ที่ขนานกับแกน Y ให้แคบที่สุดวัดความกว้างของพื้นที่รังสีที่ถูกกำหนดด้วยคอลลิเมเตอร์คู่นี้ ที่ตำแหน่งกลางฟิล์มตรง isocenter เครื่องฉายรังสีส่วน

มากจะเปิดได้แคบที่สุดเพียง 3-5 เซนติเมตร คอลลิเมเตอร์อีกคู่เปิดให้กว้างที่สุด

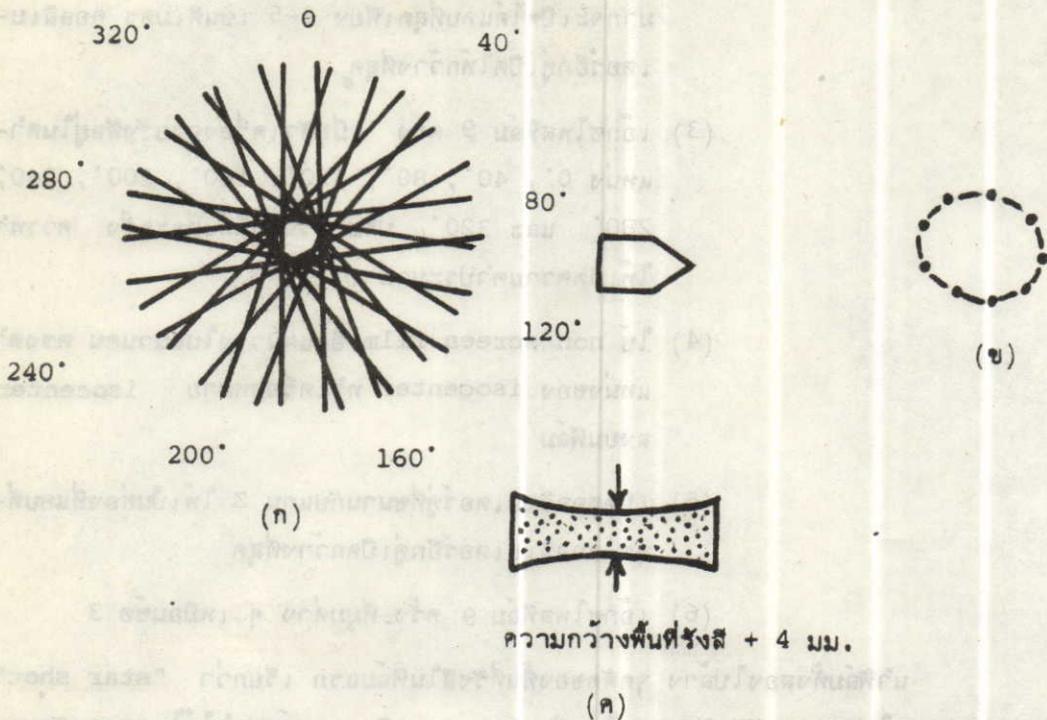
- (3) เอ็กซโพสฟิล์ม 9 ครั้ง เมื่อหัวเครื่องฉายรังสีอยู่ในตำแหน่ง 0° , 40° , 80° , 120° , 160° , 200° , 240° , 280° และ 320° ปริมาตรรังสีที่ให้แต่ละครั้ง ควรทำให้เกิดความดำประมาณ 0.2
- (4) ใช้ non screen film อีกแผ่นวางในแนวนอน ตรงตำแหน่งของ isocenter ทำเครื่องหมาย isocenter ลงบนฟิล์ม
- (5) เปิดคอลลิเมเตอร์คู่ที่ขนานกับแกน Z ให้เป็นช่องที่แคบที่สุด คอลลิเมเตอร์อีกคู่เปิดกว้างที่สุด
- (6) เอ็กซโพสฟิล์ม 9 ครั้ง ที่มุมต่าง ๆ เหมือนข้อ 3

นำฟิล์มทั้งสองไปล้าง จุดตัดของพื้นที่รังสีในฟิล์มแรก เรียกว่า "star shot" แสดง isocenter ในระนาบ XZ ดังแสดงในรูป 6 ก. การวิเคราะห์รูปทำได้โดยหาจุดตัดของขอบพื้นที่รังสีมุมใกล้เคียงกัน เช่นจุดตัดของขอบพื้นที่รังสีในแนว 0° และ 40° หากจุดตัดจนครบทุกมุม รูปที่ปรากฏจะเป็นวงกลม รูป 6 ข. รูปที่ปรากฏจะต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกินค่าความกว้างของพื้นที่รังสีบวกอีก 4 มม.

รูปบนฟิล์มแผ่นที่สองแสดง isocenter ในแกน Y จะมีลักษณะดังรูป 6 ค. ความกว้างของรูปตรงตำแหน่ง isocenter จะต้องไม่เกินความกว้างของพื้นที่รังสีบวกอีก 4 มม.

1.9.2 วิธีทดสอบ mechanical isocenter

- (1) ใช้อุปกรณ์ทดสอบที่มีปลายแหลม (pointer) ดังรูป 7 ก ดัดที่คอลลิเมเตอร์ จัดให้ปลายแหลมอยู่ตรงตำแหน่งของ isocenter
- (2) วางกระดาษขาวให้กระดาษอยู่ในแนวตั้ง และปลายแหลม
- (3) หมุนหัวไปโดยรอบ ขณะที่หัวหมุนให้ปลายแหลมกดรอยหรือทำเครื่องหมายบนกระดาษ ที่ได้จะแสดงตำแหน่ง isocenter ในระนาบ XZ เส้นผ่าศูนย์กลางของรูปจะ

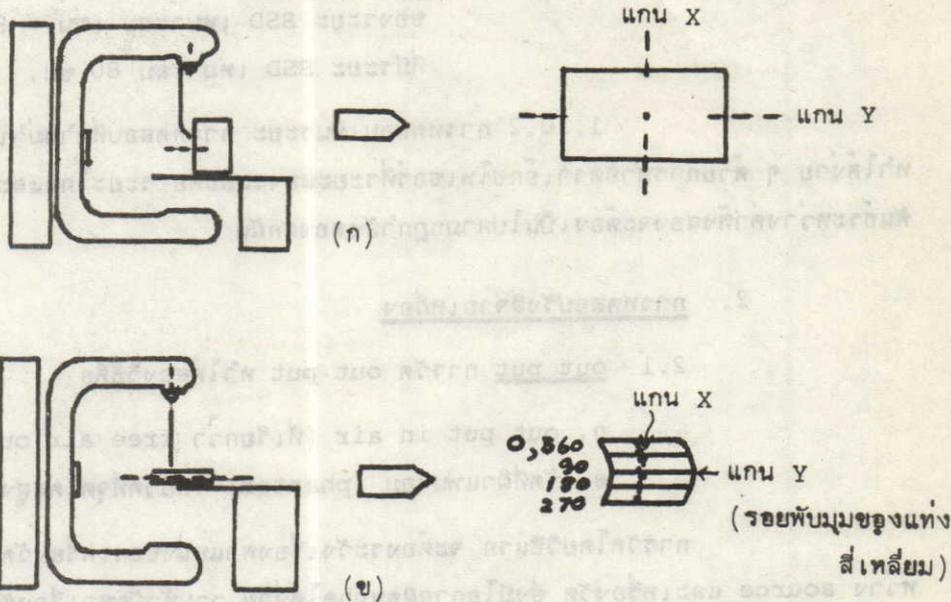


รูปที่ 6 ภาพบนฟิล์ม ตรวจสอบ radiation beam isocenter

ต้องไม่เกิน 4 มม.

- (4) ทดสอบ isocenter ในแนวแกน Y โดยใช้แท่งไม้หรือแท่งเหล็กรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางตามแนวแกน Y ติดตั้ง pointer ในแนวแกน X ให้ปลาย pointer อยู่ที่ isocenter เล็กน้อย (รูป 7 ข) เพื่อให้หัวสามารถหมุนได้โดยรอบ
- (5) ให้ pointer ทำเครื่องหมายบนกระดาษสมมติหัวหรืออย่างน้อยทำเครื่องหมายที่ตำแหน่ง 0°, 90°, 180°, และ 270° เครื่องหมายบนกระดาษควรเป็นเส้นรอบ

แท่งสี่เหลี่ยม เมื่อคลี่กระดาษจะได้เส้นตรงตั้งฉากกับรอยพับที่เป็นมุมของแท่งสี่เหลี่ยม ถ้าเป็นจุด จุดทั้ง 4 ก็ควรต่อได้เป็นเส้นตรง ถ้าจุดกระจาย ควรกระจายกว้างไม่เกิน 4 มม.



รูปที่ 7 แสดงวิธีหา mechanical isocenter

1.10 SSD (Source Skin Distance) ระยะ SSD ของเครื่องฉายรังสีควรถูกต้องและแน่นอน ทุก ๆ ครั้ง ที่ทำการทดสอบ ค่าคลาดเคลื่อนไม่ควรเกิน 3 มม.

เอกซโพเชอร์ที่ระยะต่าง ๆ จาก source แปรผกผันกับค่าระยะทางยกกำลังสอง ตามกฎกำลังสองผกผัน ในกรณีที่เป็น point source แต่ source ในเครื่องฉายรังสีไม่ใช่ point source อย่างไรก็ดี สำหรับ SSD ในช่วงที่ใช้ฉายรังสีให้ผู้ป่วยจริง เช่น ระยะ 65 ถึง 100 ซม. สำหรับเครื่องที่มีระยะ SSD เหมาะสม เท่ากับ 80 เซนติเมตร เอกซโพเชอร์ที่ระยะเหล่านี้ ควรเป็นไปตามกฎกำลังสองผกผัน

1.10.1 การทดสอบครั้งแรก หลังจากติดตั้งเครื่องทำดังนี้

- (1) วัดอัตราเอกซโพเชอร์ที่ระยะต่าง ๆ เช่น 65, 70, 75, ถึง 100 ซม.

- (2) พล็อตกราฟระหว่างกรณฑ์ที่สองของอัตราเอ็กซ์โพเซเจอร์และระยะทาง ลากเส้นตรงเชื่อมระหว่างจุดต่าง ๆ ต่อกันไปตัดแกนระยะทาง จุดตัดควรวัดอยู่ที่ 0 หรือห่างไม่เกิน 1 % ของระยะ SSD เหมาะสม เช่น ± 8 มม. สำหรับเครื่องที่มีระยะ SSD เหมาะสม 80 ซม.

1.10.2 การทดสอบเป็นระยะ การทดสอบที่ทำสม่ำเสมอเป็นระยะๆ อาจทำได้ง่าย ๆ ด้วยการหาอัตราเอ็กซ์โพเซเจอร์ที่ระยะสองระยะคือ ระยะไกลและระยะใกล้ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าทั้งสองจะต้องเป็นไปตามกฎกำลังสองผกผัน

2. การทดสอบรังสีจากเครื่อง

2.1 out put การวัด out put ทำได้สองวิธีคือ

ก. out put in air (ที่เรียกว่า free air out put)

ข. วัดที่ผิวและphantom (phantom) โดยวัดที่จุดโดสสูงสุดในphantom

การวัดโดยวิธีแรก จะต้องระวังเรื่องตำแหน่งของเครื่องวัด และระยะห่างระหว่าง source และเครื่องวัด ซึ่งมีโอกาสผิดพลาดได้ง่าย รวมทั้งปัญหาเรื่องรังสีกระเจิง (scattered radiation)

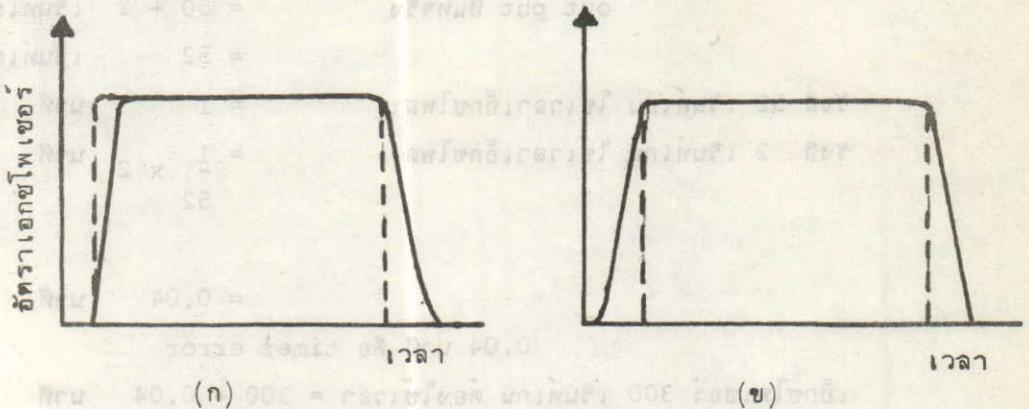
การวัดโดยวิธีที่สอง จะต้องใช้phantomที่มีขนาดใหญ่เพียงพอ เพื่อให้เกิด full scatter ควรใช้phantomขนาดมาตรฐาน 30 x 30 x 30 ซม.

การวัด out put ครั้งแรกควรวัดโดยละเอียด⁽³⁾ สำหรับการทดสอบเป็นระยะควรทำทุกเดือน ถ้า out put เปลี่ยนแปลงได้ง่าย เช่น เครื่องเร่งอนุภาค ควรตรวจสอบทุกวัน

การทดสอบเป็นระยะ ทำได้ง่าย ๆ โดยวัด out put ค่าเดียวที่ขนาดพื้นที่รังสีและระยะ SSD คงที่เช่น พื้นที่ 10 x 10 ซม. SSD 80 ซม.

2.2 timer error คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากช่วงเวลาเคลื่อน สารรังสีจากที่เก็บมายังคอลลีเมเตอร์ และช่วงเวลาเคลื่อนสารรังสีจากคอลลีเมเตอร์ไปยังที่เก็บ ช่วงเวลาเปิด-ปิด ชัตเตอร์ ช่วงเวลาที่มีลิลีแอมแปร์ (ของเครื่องเอ็กซ์เรย์) ค่อย ๆ เพิ่มขึ้น กับจุดที่ timer เริ่มทำงาน ไม่สอดคล้องกัน อธิบายได้ด้วยรูป 8 ก. timer เริ่มทำงานเมื่อเริ่มเคลื่อน source ถ้าเป็นเครื่องเอ็กซ์เรย์ค่า mA build up ก็ทำให้เกิด เช่นเดียวกัน ถ้าอัตราเอ็กซ์โพเซเจอร์มีค่าดังรูป 8 ข. timer เริ่มทำงานเมื่ออัตราเอ็กซ์โพเซเจอร์ถึงจุดสูงสุดแล้ว ทั้งสองกรณีทำ

ให้เกิด timer error ปริมาณรังสีไม่แปรตรงกับเวลา



- รูปที่ 8 ก) timer เริ่มทำงานเมื่อสารกำเนิดรังสีเริ่มเคลื่อนที่ออกจากที่เก็บ และ timer หยุดทำงานแล้วสารกำเนิดรังสีจึงเริ่มเคลื่อนจาก คอลลิเมเตอร์กลับที่เก็บ
- ข) timer เริ่มทำงานเมื่อสารกำเนิดรังสีเคลื่อนมาอยู่ตรงตำแหน่ง คอลลิเมเตอร์แล้ว และเมื่อ timer หยุดทำงาน สารกำเนิดรังสี จึงเริ่มเคลื่อนกลับที่เก็บ

วิธีแก้ timer error ทำได้ 2 วิธี

2.2.1 วัดเอกซโพเชอร์ 2 ค่า โดยใช้เวลาต่างกัน 2 เท่า เช่นวัด เอกซโพเชอร์ 2 นาที และวัดเอกซโพเชอร์ 1 นาทีติดต่อกัน 2 ครั้ง ถ้าค่าที่วัดได้ (ค่าเฉลี่ยจากการวัดหลาย ๆ ครั้ง) ทั้งสองไม่ต่างกัน แสดงว่าไม่มี timer error ถ้ามีความแตกต่าง แสดง ว่ามี timer error การคำนวณปริมาณรังสีจะต้องแก้ timer error จึงจะได้ค่าที่ถูกต้อง

ตัวอย่าง วัดเอกซโพเชอร์ 2 นาที ได้ค่าเฉลี่ย 50 เเรนท์เกน เมื่อวัดเอกซโพเชอร์ 1 นาที 2 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ย 48 เเรนท์เกน จงหา time error ถ้าต้องการเอกซโพเชอร์ 300 เเรนท์- เกน จะต้องตั้งเวลาที่ timer เท่าไร

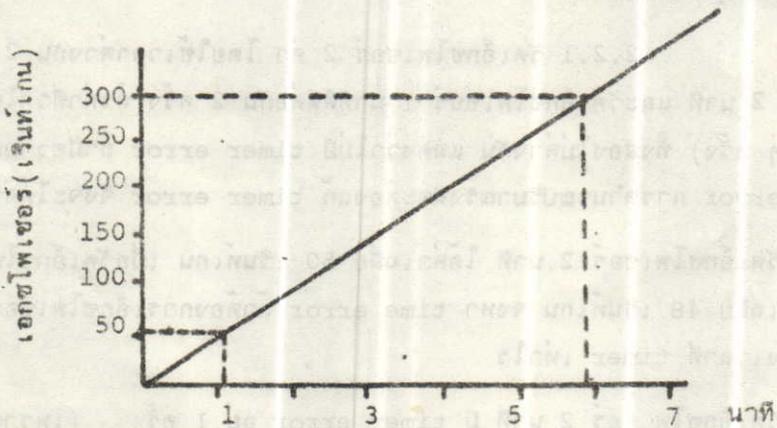
วัดเอกซโพเชอร์ 2 นาที มี timer error อยู่ 1 ครั้ง (เพราะเครื่องเปิด-ปิด เพียงครั้งเดียว)

วัดเอ็กซ์โพเชอร์ 1 นาที 2 ครั้งมี timer error 2 ครั้ง
 timer error 1 ครั้ง ทำให้เอ็กซ์โพเชอร์ลดลง = 50 - 48 เรินท์เกน
 = 2 เรินท์เกน
 out put ที่แท้จริง = 50 + 2 เรินท์เกน/นาที
 = 52 เรินท์เกน/นาที
 รังสี 52 เรินท์เกน ใช้เวลาเอ็กซ์โพส = 1 นาที
 รังสี 2 เรินท์เกน ใช้เวลาเอ็กซ์โพส = $\frac{1}{52} \times 2$ นาที
 = 0.04 นาที

0.04 นาที คือ timer error

เอ็กซ์โพเชอร์ 300 เรินท์เกน ต้องใช้เวลา = $\frac{300}{52} + 0.04$ นาที
 = 5.18 นาที

2.2.2 โดยการวัดเอ็กซ์โพเชอร์สำหรับช่วงเวลาต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ช่วง
 เวลาสั้น ๆ จนถึงช่วงเวลายาวหลาย ๆ นาที นำค่าเอ็กซ์โพเชอร์ และเวลา ไปพล็อตกราฟ ต่อ
 กราฟไปตัดแกนเวลา ถ้ากราฟนี้ตัดแกนเวลาที่จุดตัด (จุด 0) แสดงว่าไม่มี timer error ถ้า
 กราฟไม่ตัดแกนที่ 0 (รูปที่ 9) แสดงว่ามี timer error



รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอ็กซ์โพเชอร์และเวลาแสดง timer error = +0.1 นาที

จากกราฟเมื่อลากเส้นตั้งฉากจากเวลา 1.1 นาที ไปตัดกราฟ อ่านเอ็กซ์โพเชอร์ได้

52 เกรย์

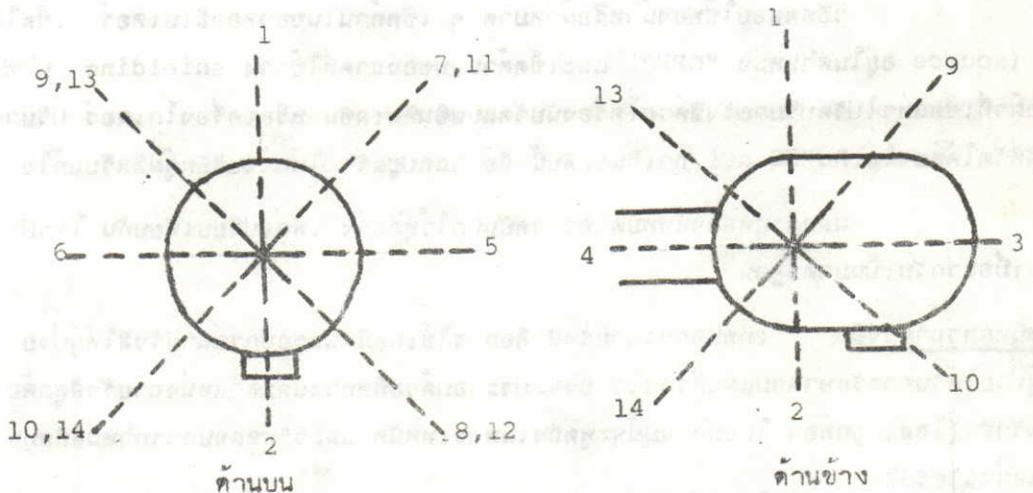
$$\begin{aligned} \text{out put ที่แท้จริง} &= \frac{52 \text{ เกรย์}}{(1.1-0.1) \text{ นาที}} \\ &= 52 \text{ เกรย์/นาที} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ถ้าต้องการเอ็กซ์โพเชอร์ 300 เกรย์} \\ \text{เวลาที่ใช้} &= \frac{300 + 0.1 \text{ นาที}}{52} \\ &= 5.87 \text{ นาที} \end{aligned}$$

อ่านเวลาจากกราฟจะได้ค่าตรงกัน

2.3 การทดสอบรังสีที่รั่วจากหัวเครื่องฉายรังสี (housing) ทำการทดสอบ

โดยใช้เครื่องวัดรังสีแบบสำรวจจัตรังสี ณ จุดต่าง ๆ รอบหัวเครื่องฉายรังสี (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 แสดงตำแหน่งที่วัดรังสีรั่วจากหัวเครื่องฉายรังสีโคบอลต์ทุก ๆ จุด อยู่ห่างจาก source ในตำแหน่ง "OFF" 1 เมตร

ระดับรังสีรั่วจากหัวเครื่องฉายรังสีที่ยอมรับได้ เสนอแนะโดย ICRP⁽²⁾

<u>เครื่องฉายรังสี</u>	<u>ระยะจาก source</u>	<u>ระดับรังสี</u>
super ficial x-ray	5 ซม.	<100 มิลลิเรนท์/ชม.
deep x - ray	1 เมตร	<5 เรนท์/ชม.
mega voltage x-ray	1 เมตร	<0.1 % ของ primary beam ที่ระยะเดียวกัน
โคบอลต์ 60 และซีเซียม 137 เมื่อ source อยู่ตำแหน่ง "OFF"	1 เมตร	<2 มิลลิเรนท์/ชม.
"ON"	5 ซม.	<20 มิลลิเรนท์/ชม.
	1 เมตร	1 เรนท์/ชม. หรือ <0.1 % ของ primary beam (ใช้ค่าที่มากกว่า)

2.4 source leakage สารกัมมันตรังสีในเครื่องฉายรังสี ถูกบรรจุในแคปซูล ซึ่งอาจมีรูรั่ว ทำให้เกิดการเปราะเป็นก้อนออกมาที่คอลลิเมเตอร์ได้

วิธีทดสอบใช้ฟองน้ำหรือผ้าหมาด ๆ เช็ดด้านในของคอลลิเมเตอร์ เช็ดให้ลึกที่สุด (source อยู่ในตำแหน่ง "OFF") และเช็ดด้านบนของถาดที่ใช้วาง shielding หน้าฟองน้ำหรือผ้าที่เช็ดแล้วไปวัดปริมาณรังสีด้วยเครื่องนับวัดแบบซินทิลเลชั่น หรือเครื่องไกเกอร์ ปริมาณสารรังสีที่วัดได้ต้องไม่เกิน 50 nCi ถ้าเกินระดับนี้ ถือว่าแคปซูลรั่ว ให้แจ้งบริษัทผู้ผลิตรีบแก้ไข

ผลการทดลองทั้งหมด ควรจดบันทึกไว้ทุกครั้ง เพื่อเปรียบเทียบกัน โดยมีการทดสอบเมื่อแรกรับเป็นมาตรฐาน

เทคนิคการฉายรังสี เทคนิคการฉายรังสี คือการใช้เทคนิคและอุปกรณ์ฉายรังสีให้ผู้ป่วย เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาตามแผนที่วางไว้ ซึ่งจะประกอบด้วยทิศทางและตำแหน่งฉายรังสีถูกต้อง ปริมาณรังสี (โดส) ถูกต้อง ในบทความนี้จะพูดถึงเฉพาะเทคนิค และวิธีทดสอบการกำหนดทิศทางและตำแหน่งฉายรังสี

การฉายรังสีมีขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอนคือ

1. การทดสอบการฉายรังสี ปริมาณรังสีที่ใช้รักษาโรคมะเร็งปริมาณสูงมาก ฉะนั้นก่อนการฉายรังสีจริง ๆ จะต้องทดสอบว่าทิศทางและตำแหน่งที่กำหนดถูกต้องหรือไม่ การฉายรังสีต้อง

การให้บริเวณที่มีมะเร็ง เป็นเป้าที่ ได้รับรังสีมากที่สุด เนื้อเยื่อปกติที่อยู่ใกล้เคียงไม่ได้รับอันตราย จากรังสี การทดสอบ ทำได้หลายวิธี

1.1 โดยวิธี check port เป็นวิธีทดสอบที่ง่ายที่สุด ใช้หลอดตะกั่วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-2 มม. วางทับเส้นขอบพื้นที่รังสีที่ขีดบนตัวผู้ป่วย ถ่ายเอ็กซเรย์โดยใช้ทิศทางเดียวกับทิศทางฉายรังสี ใช้พื้นที่รังสีคลุมหลอดและอวัยวะใกล้เคียง จากฟิล์มจะเห็นพื้นที่รังสีที่กำหนดว่า รังสีผ่านก้อนมะเร็งและอวัยวะอะไรบ้าง

1.2 simulator check เป็นการทดสอบโดยใช้เครื่องซึ่งมีคุณสมบัติเหมือนเครื่องฉายรังสีทุกประการ ยกเว้นชนิดของรังสีต่างกัน รังสีที่ใช้ฉายรักษาผู้ป่วย เป็นรังสีเอกซ์หรือแกมมาที่มีพลังงานสูง ซึ่งการดูดกลืนของรังสีในกระดูกและเนื้อเยื่อต่างกันไม่มาก ถ้าใช้รังสีนี้ถ่ายภาพฟิล์มที่ได้มี contrast ไม่ดี simulator ใช้เอ็กซเรย์พลังงานต่ำ (พลังงานอยู่ในช่วงของเอ็กซเรย์วินิจฉัย) ทำให้เห็นภาพได้ชัดเจน

1.3 ถ่ายฟิล์มด้วยเครื่องฉายรังสี และเอ็กซโพสสองครั้ง เลือกฟิล์มและสกรีนที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ contrast ดีที่สุด ถ่ายฟิล์มด้วยรังสีจากเครื่องฉายรังสี โดยเอ็กซโพสฟิล์มครั้งแรก ใช้พื้นที่รังสีคลุมเฉพาะบริเวณที่ต้องการฉายรังสี และเอ็กซโพสอีกครั้งโดยจัดพื้นที่รังสีให้กว้างคลุมอวัยวะใกล้เคียงด้วย

การทดสอบวิธีหลังนี้ เป็นการทดสอบฉายรังสีที่ใกล้เคียงกับสภาพที่ฉายรังสีจริงๆ มากที่สุด แต่มีข้อเสียที่ภาพอาจไม่ชัดเจน จึงนิยมใช้วิธีที่ 1.1 หรือ 1.2 ร่วมกับวิธีที่ 1.3

2. การจัดให้ผู้ป่วยอยู่ในท่าฉายรังสี ท่าที่ใช้ฉายรังสีควรเป็นท่าที่จัดได้ง่าย จัดได้รวดเร็วเหมือนเดิมทุก ๆ วัน เมื่อจัดแล้วผู้ป่วยจะต้องอยู่นิ่งในขณะที่ฉายรังสี ซึ่งอาจจะต้องใช้เทคนิคและอุปกรณ์ช่วย เช่น

- 2.1 การฉายรังสีในท่านอน จะทำให้ผู้ป่วยอยู่นิ่งได้ดีกว่าท่านั่งหรือท่าอื่น
- 2.2 ใช้ถุงทรายวางทับหรือประคบตัวผู้ป่วย จะช่วยให้ผู้ป่วยอยู่นิ่งได้ดียิ่งขึ้น
- 2.3 ใช้ที่จับศีรษะ (head clamp) ศีรษะเป็นส่วนที่เอียงบิดได้ง่าย การฉายรังสีบริเวณศีรษะและคอ (head and neck) มีโอกาสพลาดเป้าได้ง่าย เมื่อจัดทำเสร็จแล้ว ควรใช้ที่จับศีรษะยึดศีรษะคนไข้ให้อยู่นิ่ง
- 2.4 shell หรือ plaster casts เป็นหุ่นที่ใช้ประคบร่างกายส่วนที่ต้องฉายรังสี นอกจาก shell จะยึดให้ผู้ป่วย นิ่ง ยังช่วยให้กำหนดแนวรังสีถูกต้อง

3. ทิศทางของลำรังสีถูกต้อง (accurate beam direction) ทิศทางของลำรังสีหรือ central axis จะต้องเข้า (entrance) และออก (exit) จากตัวผู้ป่วยในทิศทางที่ถูกต้อง การฉายรังสีจึงจะไม่พลาดเป้า อุปกรณ์ที่ช่วยให้การจัดทิศทางของลำรังสีได้ถูกต้องได้แก่

3.1 เครื่องหมายบนตัวผู้ป่วย โดยกำหนดจุดเข้าออกของ central axis บนตัวผู้ป่วย

3.2 pointer เครื่องฉายรังสีจะต้องมี front pointer และ back pointer ซึ่งจะแสดงแนว central axis ของลำรังสี

3.2.1 front pointer ได้แก่เงาของจุดตัดของหลอด

3.2.2 back pointer ได้แก่อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย collimator ปลาย pointer สามารถปรับระยะได้ตามแนว central axis เครื่องฉายรังสีบางชนิดมี back pointer เป็นเลเซอร์ หรือแสงความเข้มสูงแสดงจุดที่เป็น exit point ของ central axis

การฉายรังสีจะต้องจัดให้ front pointer ตรงกับ entrance point และ back pointer ตรงกับ exit point บนตัวผู้ป่วย

3.3 applicator หรือ treatment cone ที่ยื่นมาแตะตัวผู้ป่วยขณะฉายรังสี ใช้สำหรับเอ็กซเรย์พลังงานต่ำ และอิเล็กตรอน ทำให้ทิศทางการฉายรังสีแม่นยำขึ้น

3.4 pin and arc ใช้ในกรณีที่ฉายรังสีโดยให้ central axis เอียงทำมุมกับผิว หรือกรณีที่ใช้ back pointer ไม่ได้ เช่นฉายรังสีบริเวณทรวงอก ช่องท้อง เป็นต้น

3.5 isocentric couch ถ้าเครื่องฉายรังสีเป็นเครื่องฉายแบบ isocenter การกำหนด isocenter ในแนวแกนที่ตั้งฉากกับ central axis ลงบนตัวผู้ป่วย จะทำให้ทิศทางแม่นยำ (เตียงแบบ isocentric ช่วยจัดตัวผู้ป่วยได้ง่าย)

การทดสอบตามขั้นตอนเหล่านี้ ทำให้การฉายรังสีมีคุณภาพดี ถูกต้องตามความมุ่งหมายที่วางไว้ ซึ่งจะทำให้ผู้ป่วยมีโอกาสหายขาดจากโรคมะเร็ง

บรรณานุกรม

1. American National Standard Institute. American National Standard Procedure for Periodic Inspection of Cobalt-60 and Cesium-137 Teletherapy Equipment. New York : Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. 1977.
 2. International Commission on Radiological Protection. Protection Against Ionizing Radiation from External Sources. Oxford : Pergamon Press. 1969 (ICRP publication 15)
 3. Massey J.B. Manual of Dosimetry in Radiotherapy. Technical Report Series No. 110 Vienna : International Atomic Energy Agency. 1970.
 4. Meredith W.J. and Massey J.B. Fundamental Physics of Radiology. pp. 30, 33, 37, 2nd ed., Baltimore : The Williams and Wilkins Company. 1972.
-