

## บทที่ 2

### ทฤษฎีพื้นฐาน

#### 2.1 ขั้นตอนของรังสีรักษา

ขั้นตอนของรังสีรักษาเริ่มต้นจากการที่ผู้ป่วยได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคนีื้องอกหรือโรคมะเร็งแล้วแพทย์เห็นควรให้ใช้วิธีการรักษาด้วยการใช้รังสี จึงส่งต่อผู้ป่วยมาให้รังสีแพทย์ หน่วยงานรังสีรักษา รังสีแพทย์จะทำการตรวจอาการของผู้ป่วย โดยดูข้อมูลจากการซักประวัติ ภาพถ่ายทางรังสี หรือวิธีการวินิจฉัยอื่น ๆ ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกเทคนิคการรักษา ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนการรักษาของหน่วยงานรังสีรักษาที่เกี่ยวข้องกับงานทางฟิสิกส์และรังสีเทคนิคได้ดังนี้

##### 2.1.1 การจำลองการฉายรังสี

เมื่อแพทย์เลือกวิธีการที่จะให้รังสีแก่ผู้ป่วยแล้ว มี 3 ขั้นตอนหลัก ๆ ที่เกี่ยวข้องคือ

##### 1) การสร้างโครงร่างผู้ป่วย (patient contouring)

โดยปกติการสร้างโครงร่างผู้ป่วยจะต้องทำในผู้ป่วยทุกราย เพื่อที่จะนำภาพโครงร่างที่สร้างมาใช้สำหรับการวางแผนการรักษา เพื่อดูการกระจายของปริมาณรังสี (dose distribution) ในปริมาตรรักษา ซึ่งปัจจุบันสามารถสร้างโครงร่างผู้ป่วยได้จากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ในทางปฏิบัติหากการรักษาผู้ป่วยด้วยเทคนิคที่ไม่ซับซ้อน หรือเป็นเทคนิคทั่วไปที่แพทย์ทราบการกระจายของรังสีแล้ว ก็สามารถข้ามขั้นตอนนี้ไปได้

##### 2) การเอกซเรย์จำลองการฉายรังสี (conventional simulation)

หมายถึงการวางแผนกำหนดขอบเขตพื้นที่ครอบคลุมรอยโรค และอวัยวะสำคัญข้างเคียงและเทคนิคการรักษาที่เหมาะสม ด้วยเครื่องเอกซเรย์จำลองการรักษาโดยมีการบันทึกภาพถ่ายรังสีบนฟิล์มเอกซเรย์ กระดาษ หรือบนระบบบันทึกข้อมูลและส่งผ่านข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการวางแผนการรักษาต่อไป

##### 3) การเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา (computerized tomography simulation)

หมายถึงการวางแผนกำหนดขอบเขตพื้นที่ และเทคนิคการรักษาที่เหมาะสม ในกรณีที่แพทย์ต้องการทราบตำแหน่งของก้อนเนื้อ และอวัยวะข้างเคียง รวมถึงการกระจายปริมาณรังสีในโครงร่างผิวจริงของผู้ป่วย เพื่อให้ทราบถึงเป้าหมายที่ต้องการฉายรังสีและอวัยวะภายในที่ต้องการเลี่ยงไม่ให้เกิดรับรังสี และนำไปวางแผนกำหนดขอบเขตพื้นที่ และเลือกใช้เทคนิคการรักษาที่เหมาะสม โดยผู้ป่วยมักจะได้รับการพิจารณาให้ใช้รังสีรักษาด้วยเทคนิคที่ซับซ้อนเพื่อประเมิน

การกระจายปริมาณรังสีในปริมาตรสามมิติ แพทย์จะส่งผู้ป่วยไปสร้างภาพดังกล่าว ณ ห้องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษา

### 2.1.2 การสร้างอุปกรณ์ร่วมรักษา (treatment accessories construction)

ในกรณีที่ต้องใช้เครื่องมือร่วมรักษาเพื่อใช้ในการยึดตรึงผู้ป่วย เพื่อป้องกันการเคลื่อนไหวขณะที่ได้รับการฉายรังสี เช่น หน้ากากประจำบุคคลสำหรับผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอ โฟมสุญญากาศ (vacuum lock) เป็นต้น นอกจากนี้ในบางกรณีอาจจำเป็นต้องสร้างเครื่องมือตัดแปลงการกระจายของรังสี (beam modifier devices) ให้กับตัวผู้ป่วยเป็นรายบุคคล เช่น ก้อนตะกั่วกำบังรังสีเฉพาะรายผู้ป่วย

### 2.1.3 การวางแผนรักษา

เมื่อได้ภาพถ่ายทางรังสีและอุปกรณ์ร่วมรักษาที่ต้องการแล้ว แพทย์จะทำการตรวจสอบความถูกต้องก่อน เมื่อไม่พบข้อผิดพลาดแพทย์จะบันทึกคำสั่งแผนการรักษาและส่งภาพถ่ายพร้อมทั้งบันทึกคำสั่งมายังห้องวางแผนการรักษา เมื่อนักฟิสิกส์การแพทย์ได้รับบันทึกคำสั่งแผนการรักษาพร้อมทั้งภาพถ่ายทางรังสีแล้ว จึงทำการวางแผนการรักษาผู้ป่วยแบบ 2 มิติตามแผนการรักษาของแพทย์

หากเป็นการวางแผนการรักษาแบบ 3 มิติ หรือแผนการรักษาที่ต้องใช้เทคนิคที่ซับซ้อนมากขึ้น ข้อมูลผู้ป่วยที่ได้จะถูกส่งผ่านระบบเครือข่ายจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จำลองการรักษามายังเครื่องวางแผนการรักษา แพทย์จะต้องกำหนดขอบเขตของรอยโรคและอวัยวะข้างเคียง หลังจากนั้นนักฟิสิกส์การแพทย์ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวางแผนการรักษาจะมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของเทคนิคการรักษา นักฟิสิกส์การแพทย์จะทำการวางแผนการรักษาตามแผนการรักษาที่แพทย์กำหนด จากนั้นข้อมูลแผนการรักษาจะถูกเก็บเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล เพื่อใช้ส่งข้อมูลการรักษาไปยังห้องฉายรังสี โดยจะต้องมีการตรวจสอบแผนการรักษาว่าถูกต้องเหมาะสมและผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีที่ถูกต้องก่อนที่จะส่งข้อมูลไปยังห้องฉายรังสีด้วย

### 2.1.4 การฉายรังสีและการตรวจสอบก่อนการฉายรังสี

เมื่อวางแผนการรักษาเสร็จและแผนการรักษาได้รับการตรวจสอบแล้ว ข้อมูลจะถูกส่งไปยังห้องฉายรังสี ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ เครื่องฉายรังสีระยะไกล (teletherapy) ที่ใช้งานอยู่ได้แก่เครื่องโคบอลต์ 60 และเครื่องเร่งอนุภาค

ในขั้นตอนของการฉายรังสีนี้ จะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของการฉายรังสีทั้งที่เป็นการตรวจสอบก่อนการฉายครั้งแรกและระหว่างการฉายเพื่อให้ได้ผลการรักษาที่มีประสิทธิภาพ โดยในการตรวจสอบนั้นสามารถทำได้โดยการใช้ภาพถ่ายทางรังสีตรวจสอบความถูกต้องของพื้นที่รังสี และการตรวจสอบปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับด้วย

อีกกรณีคือการให้รังสีในระยะใกล้ (brachytherapy) นั้น แพทย์จะใส่เครื่องมือเข้าไปในตัวผู้ป่วยเพื่อเป็นท่อนำส่งเมล็ดแร่รังสีเข้าไป โดยเมื่อใส่แล้วจะทำการถ่ายภาพทางรังสีแล้วนำภาพดังกล่าวมาวางแผนการรักษาด้วยเครื่องวางแผนการรักษาในระยะใกล้ จากนั้นจึงส่งข้อมูลไปยังเครื่องใส่แร่รังสี

จะพบว่านอกจากขั้นตอนของรังสีรักษามีหลายขั้นตอนแล้วในแต่ละขั้นตอนยังมีความซับซ้อนจึงควรมีการควบคุมและประกันคุณภาพอย่างละเอียด เพื่อให้ได้มาซึ่งการรักษาที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นผลประโยชน์ต่อผู้ป่วย ทั้งนี้ปัจจัยหนึ่งที่จะต้องพิจารณา เพื่อทำการสร้างระบบตรวจสอบและควบคุมคุณภาพ ที่สำคัญคือความพร้อมของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบ โดยหน่วยงานจะต้องพิจารณาถึงความพร้อมของเครื่องมือต่าง ๆ ก่อน เพื่อที่จะได้กำหนดวิธีการตรวจสอบได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

ตัวแปรใดที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเครื่องมือ ที่ทำให้มีผลแตกต่างจากค่ามาตรฐานของเครื่องมือมากจะต้องได้รับการตรวจสอบอย่างระมัดระวังเป็นพิเศษ และมีการตรวจซ้ำบ่อยครั้ง ในขณะที่ตัวแปรที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเครื่องมือน้อยหรือไม่ค่อยก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเครื่อง สามารถเว้นช่วงการตรวจสอบเป็นระยะ ๆ ซึ่งเป็นที่มาของการแบ่งระยะความถี่ของการตรวจสอบ

## 2.2 การประกันคุณภาพของเครื่องฉายรังสีระยะไกล (Quality Assurance for Teletherapy)

การประกันคุณภาพทางรังสีรักษาที่นิยามโดย Cari Borrás (1997) หมายถึงกระบวนการที่พัฒนาขึ้นเป็นแนวทางที่มีวัตถุประสงค์เพื่อประกันความมั่นใจว่า การให้รังสีเพื่อการรักษานั้นจะถูกกระทำเท่าที่จำเป็นและเหมาะสม รวมทั้งมีความถูกต้องแม่นยำด้วย ส่วน Faiz M.Khan (2003) นิยามว่าการประกันคุณภาพคือ วิธีการที่ถูกจัดทำขึ้นเพื่อ ควบคุมและรักษามาตรฐานของวิธีการนั้นไว้ ในทางรังสีรักษานั้นการประกันคุณภาพก็คือ ความจำเป็นที่จะต้องสร้างวิธีการหรือแนวทางในการที่จะรักษามาตรฐานคุณภาพการให้รังสีเพื่อรักษาผู้ป่วย ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมาตรฐานดังกล่าวจะรวบรวมและกำหนดขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในงานด้านนี้

ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่า การประกันคุณภาพทางรังสีรักษา คือวิธีการหรือแนวทางที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อที่จะสามารถใช้รับประกันการรักษาด้วยรังสีว่าผู้ป่วยจะได้รับการวางแผนการรักษา และการ

รักษาอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้หากจะประกันคุณภาพได้จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการที่จะทำได้มาซึ่งหลักประกันดังกล่าว นั่นคือการควบคุมคุณภาพนั่นเอง

### 2.2.1 การควบคุมคุณภาพ (Quality Control-QC)

การที่จะประกันคุณภาพทางรังสีรักษาได้นั้นจำเป็นต้องมีกระบวนการ หรือวิธีปฏิบัติที่จะทดสอบได้ว่าการให้การรักษานั้นมีคุณภาพแท้จริงหรือไม่ รวมทั้งสามารถลดข้อบกพร่องหรือโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดในขั้นตอนต่างๆ ของการรักษา เครื่องมือหรือวิธีปฏิบัติในที่นี้ก็คือการควบคุมคุณภาพนั่นเอง เพราะฉะนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าการควบคุมคุณภาพก็คือแนวทางที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ตรวจสอบคุณภาพการให้การรักษานี้ในแง่ต่างๆ ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยทั่วไปการควบคุมคุณภาพจะมี ค่าขอบเขตการยอมรับอยู่ค่าหนึ่งเรียกว่าค่าขอบเขตที่ยอมรับได้ (tolerance) ซึ่งจะเป็นค่าที่ตั้งไว้เพื่อที่จะใช้เปรียบเทียบได้ว่าคุณภาพของการให้การรักษานั้นอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมหรือไม่

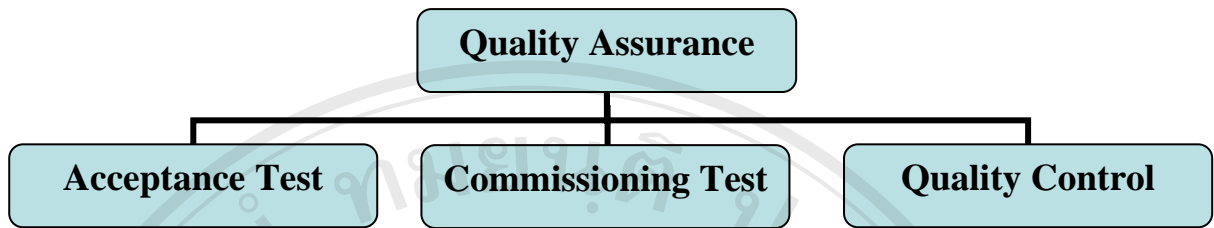
นอกเหนือจากนี้ขั้นตอนที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ การติดตั้งเครื่องมือที่ใช้ในการรักษา ไม่ว่าจะเป็นเครื่องจำลองการฉายรังสี เครื่องวางแผนการรักษา เครื่องฉายรังสี หรืออุปกรณ์ร่วมรักษาต่างๆ ก่อนที่จะใช้งานจำเป็นต้องมีการตรวจสอบการทำงานต่าง ๆ รวมไปถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์ดังกล่าวด้วย

### 2.2.2 การตรวจสอบคุณลักษณะเฉพาะเพื่อตรวจรับเครื่องมือ (Acceptance Testing)

บริษัทที่จำหน่ายเครื่องมือหรืออุปกรณ์ จะต้องจัดทำคู่มือสำหรับตรวจสอบเพื่อแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่จำหน่ายนั้นมีคุณลักษณะเฉพาะ (specification) ตรงตามที่กำหนดไว้ของเครื่องและตามความต้องการของผู้ซื้ออย่างแท้จริง ดังนั้นการทำ Acceptance Test ก็คือการทำการตรวจสอบเครื่องมือหรืออุปกรณ์ตามข้อแนะนำของบริษัทผู้ผลิต โดยผู้ซื้อและผู้จำหน่ายหรือผู้ติดตั้ง เพื่อที่จะสร้างความมั่นใจได้ว่าเมื่อใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์นั้นกับผู้ป่วย เครื่องมือหรืออุปกรณ์นั้นสามารถทำงานได้ตรงตามที่กำหนดไว้

### 2.2.3 การตรวจสอบค่าข้อมูลคุณภาพลำรังสี (Commissioning Test)

เครื่องมือและอุปกรณ์บางชนิดสามารถใช้งานกับผู้ป่วยได้ทันที หลังจากที่ผ่านมาเงื่อนไขการทำ Acceptance test แล้ว แต่เครื่องมือหรืออุปกรณ์บางชนิด ยังต้องการข้อมูลเพิ่มเติมก่อนที่จะใช้งานกับผู้ป่วยได้จริง เช่นเครื่องเร่งอนุภาค ถึงแม้ว่าจะทำงานได้ตรงตามคุณลักษณะเฉพาะของเครื่องแต่จะยังไม่สามารถใช้งานกับผู้ป่วยได้จนกว่าจะมีการเก็บค่าข้อมูลต่างๆ ที่จะต้องใช้ในการ



รูป 2.1 แผนภาพความสัมพันธ์ของงานการประกันคุณภาพ

วางแผนการรักษาตามที่โปรแกรมการวางแผนการรักษาต้องการ เพื่อให้โปรแกรมดังกล่าวเก็บค่าไว้สำหรับนำค่าไปใช้ในการวางแผนการรักษา และเมื่อทดลองวางแผนการรักษาด้วยโปรแกรมเปรียบเทียบกับกรคำนวณมือ แล้วไม่พบความแตกต่างจึงจะถือว่าเครื่องเร่งอนุภาคนั้นผ่านการทำการตรวจสอบค่าข้อมูลคุณภาพลำรังสี แล้วและสามารถใช้งานจริงกับผู้ป่วย สามารถแสดงแผนภาพความสัมพันธ์ของงานการประกันคุณภาพได้ดังรูป 2.1

#### 2.2.4 ความถี่ของการตรวจสอบ

ความถี่ของการตรวจสอบอาจแบ่งตามปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1. โอกาสการเกิดความคลาดเคลื่อนของการทำงานในระบบนั้น ๆ
2. ผลที่เกิดขึ้นจากความคลาดเคลื่อนในทางการรักษา

การแบ่งระยะของการตรวจสอบไม่มีรูปแบบมาตรฐานการแบ่งที่แน่นอน เพราะการแบ่งระยะการตรวจสอบนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง อาทิความสามารถในการตรวจสอบ ความพร้อมของผู้ตรวจสอบ อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบ หรือเครื่องมือที่จะตรวจสอบ แต่โดยทั่วไปแล้วสามารถแบ่งระยะของการตรวจสอบออกได้ดังนี้

1. การตรวจสอบชนิดรายวัน (Daily Check) หรือการตรวจสอบชนิดรายสัปดาห์ (Weekly Check)
2. การตรวจสอบชนิดรายเดือน (Monthly Check)
3. การตรวจสอบชนิดราย 6 เดือน (Semiannually check)
4. การตรวจสอบชนิดรายปี (Annually Check)

นอกจากนี้สำหรับเทคนิคการฉายที่ต้องการความถูกต้องสูง อาจจะมีการเพิ่มเติมความถี่ของระยะการตรวจสอบมากขึ้นเช่นเครื่องฉายรังสีพิกัดจุด (Stereotactic Radiotherapy)

จำเป็นต้องมีการตรวจสอบก่อนการฉายผู้ป่วยทุกรายทุกครั้ง หรือการตรวจสอบระบบจำกัดลำรังสีแบบมัลติลีฟ (MLC) ของเครื่องเร่งอนุภาค ต้องทำทุกครั้งที่มีการส่งข้อมูลไปจากห้องวางแผนการรักษา เป็นต้น

ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วว่าการตรวจสอบแบบรายวัน เป็นการตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือที่อาจก่อผลที่ร้ายแรงต่อผลการรักษา เช่น ผลต่อปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยจะได้รับความปลอดภัยทั้งต่อผู้ป่วย และบุคลากรที่เกี่ยวข้อง สำหรับการตรวจสอบรายสัปดาห์ ถึงรายปี จะเป็นการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของปัจจัยที่ละเอียดขึ้น ที่เกิดผลกระทบต่อผู้ป่วยไม่มากนัก เช่น หมายเลขตำแหน่งเตียง (treatment couch indicator) หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงได้น้อย หรืออย่างช้า ๆ เช่นขนาดพื้นที่รังสีเปรียบเทียบระหว่างที่ได้จากแสงไฟกับที่ได้จากรังสี (light & radiation field) โดยระดับการยอมรับของการทดสอบแต่ละชนิดอาจจะแสดงในรูป เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ( $\pm 1-2\%$ ) หรือ ระยะทางคลาดเคลื่อน ( $\pm 1-2\text{ mm}$ ) หรือ ( $\pm 1-2\text{ Deg.}$ ) หรืออาจกำหนดเป็นการตรวจสอบความสามารถทำงานได้ปกติ (functional) ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะการทำงานของอุปกรณ์นั้น ๆ

## 2.2.5 รูปแบบการควบคุมคุณภาพ

โปรแกรมการประกันคุณภาพทางรังสีรักษา ควรมีลักษณะที่อ้างอิงค่าที่ทำการตรวจสอบเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานซึ่งได้จากการการทำการ acceptance test และ commissioning test วิธีการตรวจสอบจำเป็นที่จะต้องทำได้โดยง่าย รวดเร็ว สะดวก และสามารถตรวจสอบใหม่ภายใต้เงื่อนไขเดียวกันได้ ทั้งนี้การกำหนดโปรแกรมการควบคุมคุณภาพนั้นมักมีรูปแบบการตรวจสอบใหญ่ ๆ อยู่ 3 ประเภทคือ

### 1. การตรวจสอบความถูกต้องของกลไกการทำงานของเครื่องมือ (Mechanical Accuracy)

การตรวจสอบการทำงานของเครื่องในระบบกลไกต่างๆอันเป็นส่วนประกอบของเครื่องมือซึ่งถูกใช้งานในระหว่างการรักษาผู้ป่วย โดยรูปแบบของการทดสอบมักจะมีการกำหนดค่าที่ยอมรับได้ไว้ค่าหนึ่ง และทำการทดสอบโดยแบ่งวิธีการไปตามชนิดของระบบกลไกที่จะตรวจสอบและบันทึกค่า

### 2. การตรวจสอบความถูกต้องของคุณภาพลำรังสี (Radiation Accuracy)

การตรวจสอบความถูกต้องของค่าคุณภาพรังสีชนิดต่างๆ เช่น อัตราการให้รังสี ความเรียบและความสมมาตร เป็นต้น ซึ่งการตรวจสอบประเภทนี้มักจะทำแต่เฉพาะการตรวจสอบเครื่องฉายรังสีเท่านั้น

### 3. การตรวจสอบระบบความปลอดภัยในการใช้รังสี (Radiation Safety)

การตรวจสอบความปลอดภัยการใช้รังสี ทั้งต่อตัวผู้ป่วย ผู้ปฏิบัติงาน และบุคคลอื่น ๆ โดยอาจเป็นการตรวจสอบระบบป้องกันอันตรายต่าง ๆ ที่เครื่องมืออื่น ๆ สามารถทำได้ รวมไปถึงการตรวจติดตามปริมาณรังสีรอบ ๆ บริเวณที่เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานด้วย

ทั้งนี้การทำ acceptance test และ commissioning test นั้นเป็นหน้าที่ความรับผิดชอบของนักฟิสิกส์การแพทย์โดยตรง ที่จะต้องทำหลังจากที่การติดตั้งเครื่องแล้วเสร็จ และหากยังไม่สามารถทำได้อย่างครบถ้วน เครื่องมือหรืออุปกรณ์นั้นก็ไม่สามารถใช้งานกับผู้ป่วยได้จริง และเมื่อเครื่องมือหรืออุปกรณ์นั้นได้ผ่านการทำ acceptance test และ commissioning test แล้ว รายละเอียดการตรวจสอบและค่าข้อมูลต่าง ๆ จะถูกนำมาตั้งเป็นมาตรฐานที่จะใช้เปรียบเทียบเมื่อมีการทำการควบคุมคุณภาพเป็นประจำ ซึ่งจะนำไปสู่การเป็นหลักประกันถึงคุณภาพของการให้การรักษาด้วยรังสี

#### 2.3 การประกันคุณภาพสำหรับเครื่องเร่งอนุภาค (QA for Linear Accelerator)

สำหรับการประกันคุณภาพของเครื่องเร่งอนุภาคนั้น มีหลักการเช่นเดียวกับการประกันคุณภาพเครื่องมือทางรังสีรักษาทั่วไป กล่าวคือเมื่อเครื่องเร่งอนุภาคได้รับการติดตั้งแล้วเสร็จ หน้าที่สำคัญประการหนึ่งของนักฟิสิกส์การแพทย์คือการทำการตรวจสอบ acceptance test เพื่อตรวจสอบการทำงานในระบบต่าง ๆ ของเครื่องว่าตรงตามคุณลักษณะเฉพาะของเครื่องที่ถูกกำหนดจากบริษัทผู้ผลิตหรือไม่ จากนั้นจึงมีการทำการ commissioning test เพื่อเก็บค่าข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการนำไปใช้ในขั้นตอนของการวางแผนการรักษา รวมทั้งนำข้อมูลที่เก็บได้ไปตั้งเป็นค่ามาตรฐานเพื่อจะทำการตรวจสอบในการควบคุมคุณภาพต่อไป

การประกันคุณภาพสำหรับเครื่องเร่งอนุภาคนั้น จำเป็นต้องมีการตรวจสอบเป็นประจำ เนื่องจากการทำงานของเครื่องเร่งอนุภาคนั้นอาศัยระบบอิเล็กทรอนิกส์ และระบบไฟฟ้าเป็นหลัก ซึ่งในระบบเหล่านี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาจากหลายสาเหตุ ดังนั้นการแบ่งระยะความถี่ของการตรวจสอบคุณภาพสำหรับเครื่องเร่งอนุภาค จึงสมควรทำให้สอดคล้องกับสาเหตุความผิดพลาดและโอกาสที่จะเกิดขึ้น

การแบ่งระยะของการตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องเร่งอนุภาคนั้น สมาคม American Association of Physics in Medicine-AAPM (1994) ได้เสนอให้มีการแบ่งไว้ 3 ระดับตามความถี่ของการตรวจสอบ ดังนี้

1. การตรวจสอบชนิดรายวัน (Daily Check)
2. การตรวจสอบชนิดรายเดือน (Monthly Check)

### 3. การตรวจสอบชนิดรายปี (Annually Check)

เนื่องจากในขั้นตอนของการให้การรักษารังสี ผู้ป่วยจะต้องได้รับการฉายรังสีอย่างต่อเนื่องทุกวัน ดังนั้นหากเกิดข้อผิดพลาดในขั้นตอนของการฉายรังสี หรือที่เกิดจากเครื่องเร่งอนุภาค ผลเสียที่จะเกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่อผู้ป่วยโดยตรง โดยเฉพาะข้อผิดพลาดที่เกิดจากปริมาณรังสีและคุณสมบัติของลำรังสี ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพประจำวันของเครื่องเร่งอนุภาคจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อจะป้องกันไม่ให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาที่ผิดพลาด จึงมีหลายหน่วยงานเสนอหัวข้อการตรวจสอบแบบรายวัน สำหรับการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องเร่งอนุภาค

2.3.1 องค์กร Canadian Association of Provincial Cancer Agencies (CAPCA) แห่งประเทศแคนาดา ได้เสนอการตรวจสอบคุณภาพประจำวันสำหรับเครื่องเร่งอนุภาคแสดงได้ดังตาราง 2.1

ในหัวข้อ 12 และ 13 ในตาราง 2.1 เป็นการตรวจสอบความคงที่ของอัตราการให้รังสี โดยกำหนดว่าต้องทำทั้งรังสีโฟตอน และอิเล็กตรอน ทุกพลังงาน ในตำแหน่งของแกนทรีของเครื่องฉายที่ใช้งานปกติ นอกจากนี้ยังให้คำจำกัดความของการตรวจสอบความคงที่ของอัตราการให้รังสีไว้ว่า เป็นการตรวจสอบด้วยเครื่องมืออย่างง่ายซึ่งต้องแก้ค่าตามความดันและอุณหภูมิภายใต้เงื่อนไขการออกแบบการจัดตั้งการตรวจสอบที่สามารถทำซ้ำได้ โดยเป็นการตรวจสอบในหน่วยของปริมาณรังสีต่อหน่วยนับวัดรังสีเช่น cGy /MU

ตาราง 2.1 การควบคุมคุณภาพของเครื่องเร่งอนุภาคชนิดประจำวันขององค์กร Canadian Association of Provincial Cancer Agencies (CAPCA)

Number	Test	Performance	
		Tolerance	Action
<b>Daily</b>			
1	Door interlock/last person out	Functional	
2	Motion interlock	Functional	
3	Couch brakes	Functional	
4	Beam status indicators	Functional	
5	Patient audio-visual monitors	Functional	
6	Beam interrupt/counters	Functional	
7	Room radiation monitors	Functional	
8	Lasers/cross wires	1	2
9	Optical distance indicator	1	2
10	Optical back pointer	2	3
11	Field size indicator	1	2
12	Output constancy-Photons	2%	3%
13	Output constancy-electron	2%	3%



2.3.2 องค์การ Swiss Society of Radiobiology and Medical Physics แห่งประเทศสวิตเซอร์แลนด์ ได้เสนอความถี่ของการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องเร่งอนุภาคแสดงดังตาราง 2.2

ตาราง 2.2 ความถี่ของการควบคุมคุณภาพเครื่องเร่งอนุภาคโดยองค์การ Swiss Society of Radiobiology and Medical Physics

Test and frequency	Tolerance
<b>Daily</b>	
Room entrance interlock	functional
Audio-video monitor	functional
Beam in indicators	functional
Emergency off switches	functional
Laser alignment-quick check	2 mm
Beam output:Beam output constancy check:	
Photons	3%
Electrons	3%
Dynamic wedge factor	2%
<b>Weekly</b>	
Touch guards	functional
Brokes	functional
Deadman's switch	functional
Tray, wedge, blocks and electron applicators	functional
Check of optical SSD indicators	2 mm
Laser alignment	1 mm
Routine beam output check using a recommended dosimeter	
Photons	2%
Electrons	2%
Beam Energy:Quick check,ratio of dose at two depths	
Photons	2%
Electrons	2 mm
Dose profile:Quick check	
Photons	3%
Electrons	3%
<b>Monthly</b>	
Accessory (tray and wedge) interlocks	functional
Timer function	functional
Rotation scales(collimator,gantry and table rotation)	1 degree
Treatment table movement scales	2 mm
Light and radiation field coincidence:	
Field size $< 20 \times 20\text{cm}^2$	2 mm
Field size $> 20 \times 20\text{cm}^2$	1% of the field size

ตาราง 2.2 (ต่อ)

Mechanical isocentre check	
Rotation axis of collimator	2 mm
Treatment table rotation	2 mm
Rotation axis of gantry	2 mm
Field size indicator:	
Field size $< 20 \times 20 \text{cm}^2$	2 mm
Field size $> 20 \times 20 \text{cm}^2$	1% of the field size
Non-divergent asymmetric field check	2 mm
Wedge factors(motorized mechanical wedges)	2%
Gantry rotation speed/MU delivered per unit gantry angle	2%
Interrupted Dynamic Wedge Exposures	2%
Dynamic Wedge Profiles	3%
Shape of the MLC fields	1 mm
Alignment of MLC leaf positions	1 mm

มีการแบ่งระดับความถี่ของการตรวจสอบความคงที่ของอัตราการใช้รังสีโฟตอนเป็น 3 ระดับคือ การตรวจสอบประจำปี การตรวจสอบประจำสัปดาห์ และการตรวจสอบประจำวัน โดยสำหรับการตรวจสอบประจำวันนั้นแนะนำว่าอาจจะใช้หัววัดรังสีชนิดไดโอด, ไอออนในเซชัน แคมเบอร์ หรือเครื่องมืออื่น ๆ ที่สามารถนำมาใช้วัดปริมาณรังสีได้อย่างสะดวกเหมาะสมกับการตรวจสอบประจำวัน โดยนำค่าที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่สอบเทียบไว้ซึ่งสำหรับรังสีอิเล็กตรอนก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน

2.3.3 W.P.M. Mayles และคณะ (1999) ได้เสนอความถี่สำหรับการควบคุมคุณภาพของเครื่องเร่งอนุภาคไว้ โดยสำหรับการตรวจสอบความคงที่ของปริมาณรังสีนั้น W.P.M. Mayles ได้แนะนำให้ทำด้วยประเภทของการตรวจสอบชนิดรายวันดังแสดงในตาราง 2.3

ตาราง 2.3 แสดงความถี่สำหรับการควบคุมคุณภาพเครื่องเร่งอนุภาคโดย W.P.M.Mayles (1999)

<b>Test and frequency</b>	<b>Tolerance</b>
<b>Daily</b>	
Output constancy	5%
Light field size (10 cm square field)	2 mm
Crosswires distance indicator (compared to lasers)	2 mm
Audio visual system	Functional
Machine log	Functional
<b>Weekly</b>	
Deadman's switch	Functional
Touch guard	Functional
Distance indication at difference SSDs	3 mm
Pointer (if used)	2 mm
Calibration	2%
Wedge factor constancy (machines with adjustable wedge factors)	2% of expected
<b>Two-weekly</b>	
Flatness and symmetry at gantry 0 degree (quick check)	3% of expected
<b>Monthly</b>	
Secondary access interlocks	Functional
Emergency-off switches	Functional
Movement interlock (full check)	Functional
Coded lead tray interlocks	Functional
Backup timer interlock (where set by user)	Functional
Gantry and collimator rotation scales	0.5 degree
Optical field size variation for difference field sizes	2 mm (small sizes)
Isocentre quick check	2 mm diameter
Shadow tray alignment	1 mm from center
Distance indication at difference SSDs	2 mm
Couch movement calibration	2 mm relative
Couch vertical movement	2 mm
Gantry angle indication	1 degree
Radiation field versus light field (one field size)	2 mm
Calibration in water	2%
Emergency check using dose ratio	Ratio 2%
Arc therapy (if used)	Dose 2%

2.3.4 รายงานของ American Association of Physics in Medicine-AAPM TG-40 ได้เสนอความถี่ของการควบคุมคุณภาพของเครื่องเร่งอนุภาค แสดงได้ดังตาราง 2.4

ตาราง 2.4 ความถี่ของการควบคุมคุณภาพสำหรับเครื่องเร่งอนุภาค โดย AAPM TG-40 (1994)

Frequency	Procedure	Tolerance
<b>Daily</b>	Dosimetry	
	X-ray output constancy	3%
	Electron output constancy	3%
	Mechanical	
	Localizing lasers	2 mm
	Distance indicator (ODI)	2mm
	Safety	Functional
	Door interlock	Functional
	Audiovisual monitor	
	<b>Monthly</b>	Dosimetry
X-ray output constancy		2%
Electron output constancy		2%
Backup monitor constancy		2%
x-ray central axis dosimetry parameter (PDD,TAR) constancy		2%
Electron central axis dosimetry parameter constancy (PDD)		2 mm
x-ray beam flatness constancy		2%
Electron beam flatness constancy		3%
x-ray and electron symmetry		3%
Safety interlocks		
Emergency off switches		Functional
Wedge,electron cone interlocks		Functional
Mechanical checks		
Light/radiation field coincidence		2 mm or 1 degree on a side
Gantry/collimator angle indicators		1 degree
Wedge position		2 mm
Tray position		2 mm
Applicator position		2 mm
Field size indicators		2 mm
Cross-hair centering		2 mm diameter
Treatment couch position indicators		2 mm/1 degree
Latching of wedges,blocking tray		Functional
Jaw symmetry		2 mm
Field light intensity	Functional	

การตรวจสอบคุณภาพลำรังสีประจำวันของเครื่องเร่งอนุภาคที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น ถูกจัดแบ่งประเภทของการตรวจสอบไว้อย่างชัดเจน ไม่ว่าจะเป็นการตรวจสอบระบบกลไกการทำงานของเครื่องเร่งอนุภาค ระบบความปลอดภัยการใช้รังสี และความถูกต้องของคุณภาพลำรังสี โดยเฉพาะการตรวจสอบคุณภาพลำรังสีนั้น จะถูกจัดให้มีการตรวจสอบที่ดีและมีชนิดของคุณภาพลำรังสีที่จะตรวจสอบมาก เพราะโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดมีสูงกว่าการตรวจสอบอีกสองรูปแบบเนื่องจากการทำงานของระบบไฟฟ้าของเครื่องเร่งอนุภาค มีปัจจัยหลายอย่างที่จะก่อให้เกิดความผิดพลาด นอกจากนั้นเมื่อเกิดความผิดพลาดแล้ว ผลเสียหายที่เกิดต่อผลการรักษาและตัวผู้ป่วยจะมีมาก ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ได้รับการรักษาอย่างไม่ถูกต้องหรือขาดประสิทธิภาพจึงจำเป็นต้องมีกลไกการตรวจสอบ หรือการควบคุมคุณภาพที่มีมาตรฐาน

## 2.4 การตรวจสอบความถูกต้องของคุณภาพลำรังสี (Radiation Accuracy)

### 2.4.1 การตรวจสอบอัตราการใช้รังสี (Output check)

W.P.M. Mayles และคณะ (1999) ได้แบ่งชนิดของการตรวจสอบค่าอัตราการใช้รังสี ออกเป็น 3 ชนิดตามลักษณะของการตรวจสอบคือ

#### 1) การตรวจสอบอัตราการใช้รังสีเพื่อหาค่าอ้างอิง (Definitive calibration)

หมายถึงค่าอัตราการใช้รังสีที่จะต้องใช้หัววัดรังสีที่สอบเทียบจากห้องปฏิบัติการทุติยภูมิ (Secondary standard laboratory) โดยจะต้องทำการตรวจสอบอย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง หรือทุกครั้งที่มีการซ่อมหรือเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ภายในเครื่องเร่งอนุภาค โดยทำการวัดตามแนวทางปฏิบัติที่มีการเสนอไว้จาก AAPM TG-40, IAEA Report No.54, IPEM Report No. 54 Commissioning and Quality Assurance of Linear Accelerators หรือ HPA protocol 1983,1985 เป็นต้น เพื่อที่จะนำค่าอัตราการใช้รังสีที่วัดได้ไปใช้ในการคำนวณและวางแผนการรักษาต่อไป นอกจากนั้นยังเป็นการรับประกันว่าในการรักษาผู้ป่วยจะไม่มีข้อผิดพลาดที่เกิดจากการใช้ค่าอัตราการใช้รังสีไม่ถูกต้อง

#### 2) การตรวจสอบอัตราการใช้รังสีอย่างประจำ (Routine calibration)

การตรวจสอบอัตราการใช้รังสีชนิดนี้ ควรจะมีวิธีปฏิบัติเช่นเดียวกับการตรวจสอบชนิดการตรวจสอบเพื่อหาค่าอ้างอิง แต่อย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวกอาจจะใช้ได้ทั้งแฟนทอมน้ำ (water phantom) หรือ แฟนทอมที่ทำจากวัสดุสมมูลน้ำ (water equivalent phantom) เช่น Poly Methyl Methacrylate (PMMA) ทดแทนได้ แต่ควรจะใช้หัววัดรังสีชนิดไอออนไนเซชันแชมเบอร์ ซึ่งได้รับการสอบเทียบสม่ำเสมอและแฟนทอมขนาดอย่างน้อย  $30 \times 30 \times 30$  ลูกบาศก์เซนติเมตร

วัตถุประสงค์ของการตรวจสอบชนิดนี้เพื่อเป็นการตรวจวัดค่าอัตราการให้รังสีเทียบกับการตรวจสอบอัตราการให้รังสีเพื่อหาค่าอ้างอิง หรือการวัดซ้ำเพื่อตรวจสอบว่ายังคงมีค่าเท่ากับที่เคยวัดไว้หรือไม่ โดยจะมีความถี่ในการตรวจสอบมากกว่าการตรวจสอบอัตราการให้รังสีเพื่อหาค่าอ้างอิง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความพร้อมของสถาบันรังสีรักษานั้นๆ ที่จะสามารถทำการตรวจสอบได้ โดยหากพบความคลาดเคลื่อนจะต้องทำการตรวจสอบหาสาเหตุ และปรับค่าให้ตรงตามค่าเดิมที่เคยวัดได้ในการตรวจสอบอัตราการให้รังสีเพื่อหาค่าอ้างอิง

### 3) การตรวจสอบความคงที่ของค่าอัตราการให้รังสี (Constancy check)

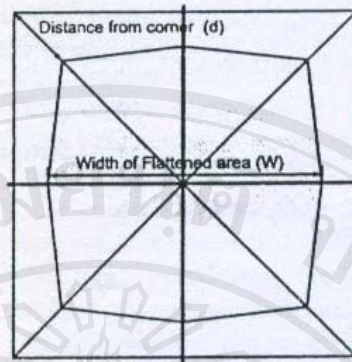
การตรวจสอบความคงที่ของค่าอัตราการให้รังสีนี้ เป็นการตรวจสอบที่ได้รับการแนะนำให้ทำเป็นประจำทุกวันโดยอาจเป็นการตรวจสอบอย่างง่ายเช่น การใช้หัววัดรังสีชนิด ไอ-ออลในเซชัน แจมเบอร์หรือหัววัดชนิดไดโอดพร้อมกับวัสดุสมมูลเนื้อเยื่อมาใช้เพื่อเพิ่มความหนา (build up) ให้จุดที่นับวัดรังสีเป็นจุดที่มีปริมาณรังสีสูงสุด ทั้งนี้จะต้องทำทุกครั้งหลังจากที่มีการตรวจสอบอัตราการให้รังสีเพื่อหาค่าอ้างอิง เพื่อทำการเก็บค่าไว้เป็นมาตรฐานและนำมาใช้เปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้ในครั้งต่อไป นอกจากนี้ในบางข้อเสนอแนะยังได้จัดให้การตรวจสอบความคงที่ของค่าความแรงรังสีในมุมต่าง ๆ ของแกนทรี อยู่ในการตรวจสอบประเภทนี้ด้วย

ในการตรวจสอบชนิดนี้นอกจากการประยุกต์ใช้เครื่องมือปกติโดยใช้การจัดอย่างง่ายแล้ว ยังสามารถใช้เครื่องมือที่ผลิตขึ้นมาจำหน่ายเพื่ออำนวยความสะดวกในการตรวจสอบได้ด้วย

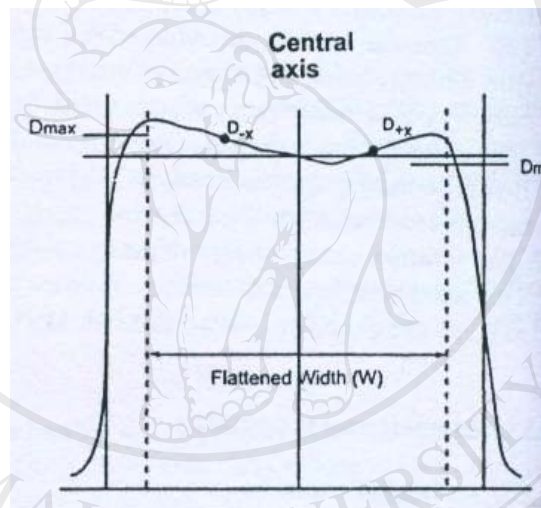
#### 2.4.2 การตรวจสอบความสมมาตรของลำรังสี (Beam symmetry check)

ในการควบคุมคุณภาพลำรังสี สิ่งที่จะต้องได้รับการตรวจสอบเป็นประจำคือ เส้นกราฟแสดงการกระจายปริมาณรังสีในแนวแกน (beam profile) ซึ่งบ่งบอกถึงการกระจายของปริมาณรังสีทั้งในแนวตามยาวและตามขวาง ซึ่งจะสามารถบอกคุณสมบัติของลำรังสีได้หลายประการ เช่น ความสมมาตรของลำรังสี และความเรียบของลำรังสี เป็นต้น การตรวจสอบค่าคุณภาพลำรังสีเหล่านี้จะต้องทำการตรวจสอบภายใน flattened area เท่านั้น

Mayles (1999) ให้คำนิยามว่า flattened area หมายถึงบริเวณที่มีขนาด 80% ของพื้นที่รังสีขนาด  $10 \times 10$  ถึง  $30 \times 30$  ตารางเซนติเมตร ดังแสดงในรูป 2.2 และรูป 2.3 แต่สำหรับพื้นที่รังสีที่เล็กกว่า  $10 \times 10$  ตารางเซนติเมตร จะหมายถึงขอบเขตที่รั้นเข้ามา 2 เซนติเมตร จากขอบพื้นที่รังสีและสำหรับพื้นที่รังสีใหญ่กว่า  $30 \times 30$  ตารางเซนติเมตรจะหมายถึงขอบเขตที่รั้นเข้ามาจากขอบพื้นที่รังสี 6 เซนติเมตร

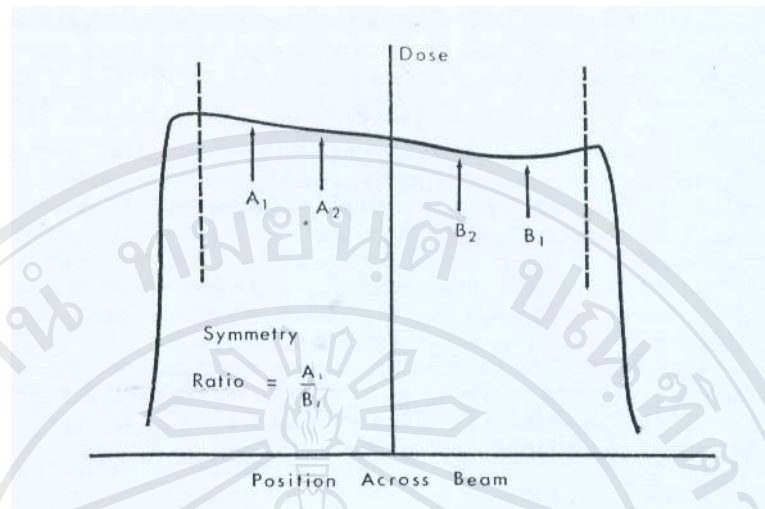


รูป 2.2 flattened area เมื่อมองจาก beam eye view (Mayles et al, 1999)



รูป 2.3 เส้นกราฟแสดงการกระจายปริมาณรังสีในแนวระนาบและแนวเส้นประแทน  
Flattened area (Mayles et al, 1999)

สำหรับการหาเส้นกราฟแสดงการกระจายของปริมาณรังสีในแนวระนาบนี้ จะสามารถทำได้โดยการใช้หัววัดวัดปริมาณรังสีในตำแหน่งต่าง ๆ ในแนวระนาบแล้วสร้างเป็นกราฟเส้นขึ้นมา ซึ่งทำได้ทั้งกรณีที่เป็นหัววัด 1 หัว วัดค่าตำแหน่งละ 1 ค่า หรือใช้หัววัดหลายตัววัดค่าพร้อมกันแล้วจึงนำมาสร้างเป็นรูปกราฟ ซึ่งมักจะกำหนดให้ทำในแฟนทอมน้ำ โดยทำที่พื้นที่รังสีขนาดที่แนะนำ เช่น  $10 \times 10$  ตารางเซนติเมตร,  $30 \times 30$  ตารางเซนติเมตร หรือที่ขนาดพื้นที่รังสีที่เปิดได้กว้างสุด โดยหัววัดรังสีคงอยู่ในระดับความลึกใด ๆ ซึ่งนิยมใช้ที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร ในการวัดปริมาณรังสี เพื่อหาเส้นกราฟแสดงการกระจายของปริมาณรังสีนั้น มักจะทำเมื่อมีการทำ



รูป 2.4 ความหมายของความสมมาตรของลำรังสี (Institute of physics sciences in medicine, 1998)

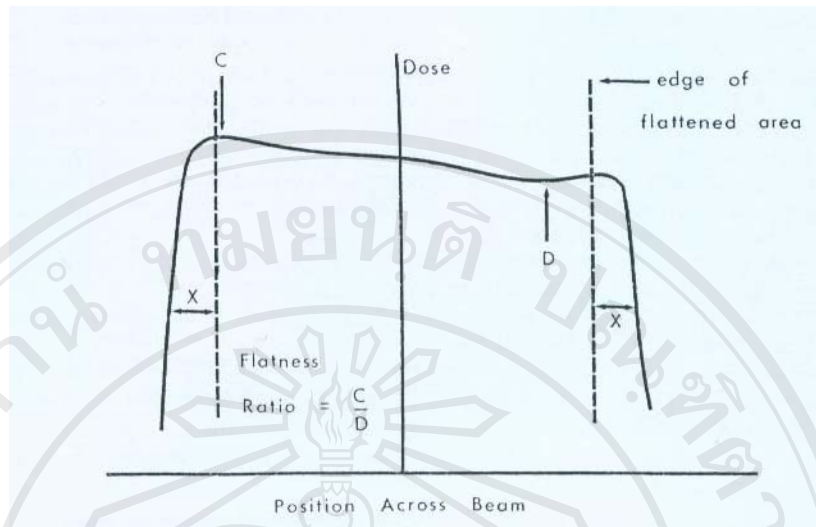
commissioning เครื่องหลังจากการติดตั้งเครื่องเร่งอนุภาคแล้วเสร็จ แต่สำหรับการตรวจสอบเพื่อประกันคุณภาพนั้นอาจจะสามารถใช้เครื่องมืออย่างง่าย เช่น การใช้ฟิล์มหรือเครื่องมือตรวจสอบที่ประดิษฐ์ขึ้นมาใช้เฉพาะงาน

สำหรับความสมมาตรของลำรังสีหมายถึง สัดส่วนสูงสุดของอัตราการให้รังสี (dose rate) ณ จุดที่ห่างออกจากจุดศูนย์กลางที่มีระยะเท่ากันทั้ง 2 ด้านของเส้นกราฟแสดงการกระจายปริมาณรังสี ซึ่งจะเป็นค่าที่อยู่ในบริเวณ flattened area โดยจากรูป 2.3 จะหมายถึงค่าสัดส่วนสูงสุดของอัตราการให้รังสีที่ตำแหน่ง  $D_{-x}$  และ  $D_{+x}$  หรือหมายถึงสัดส่วนของ  $A_1$  และ  $B_1$  ดังแสดงในรูป 2.4

### 2.4.3. การตรวจสอบความเรียบของลำรังสี (Beam Flatness check)

เช่นเดียวกับการตรวจสอบความสมมาตรของลำรังสี ที่จะต้องอาศัยเส้นกราฟแสดงการกระจายปริมาณรังสีในแนวแกน ซึ่งจะต้องทำโดยละเอียดเมื่อมีการทำ commissioning เครื่องหลังจากทำการติดตั้งแล้วเสร็จ จากนั้นจึงใช้วิธีการตรวจสอบอย่างง่ายเพื่อจะใช้เทียบกับค่ามาตรฐาน ความหมายของความเรียบของลำรังสี คือ สัดส่วนของบริเวณใด ๆ ที่มีปริมาณรังสีสูงสุดกับบริเวณใด ๆ ที่มีปริมาณรังสีต่ำสุด โดยจะหมายถึงสัดส่วนของ  $D_{\max}$  และ  $D_{\min}$  ตามรูป 2.3 และหมายถึงสัดส่วนของจุด C และ D ในรูป 2.5





รูป 2.5 กราฟแสดงปริมาณรังสีในแนวระนาบและค่าคำนวณหาความเรียบของลำรังสี (Institute of physics sciences in medicine, 1998)

#### 2.4.4. การตรวจสอบพลังงาน (Energy check)

เนื่องจากเครื่องเร่งอนุภาคใช้คลื่นความถี่สูงในการเร่งอนุภาคอิเล็กตรอนให้ชนเป้า ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดความไม่แน่นอนของพลังงานรังสีที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบค่าพลังงานดังกล่าว โดยสามารถแบ่งการตรวจสอบออกเป็น 2 ประเภทตามชนิดของรังสีคือ

##### 1) รังสีโฟตอน

ค่าที่สามารถบ่งบอกถึงพลังงานของรังสี เพื่ออ้างอิงให้มีค่าอยู่ในเกณฑ์เดียวกัน เรียกว่า beam quality index โดย British Institute of Radiology 1983 (BJR supplement 17) ได้เสนอว่าค่าพลังงานของรังสีโฟตอน ควรบอกด้วย nominal energy โดย nominal energy หมายถึงพลังงานของอิเล็กตรอนซึ่งถูกเร่งให้ชนเป้าหรือบอกด้วย  $R_{80}$  ซึ่งหมายถึงระยะลึกในหน่วย เซนติเมตรของ 80 % ของเส้นกราฟแสดงปริมาณรังสีในน้ำตามระยะลึก (depth dose) ของพื้นที่รังสี  $10 \times 10$  ตารางเซนติเมตรที่ระยะ SSD 100 เซนติเมตร

หากพิจารณาในแง่ของคุณลักษณะเฉพาะของเครื่อง ที่ถูกกำหนดมาจากบริษัทผู้ผลิต เช่นสำหรับบริษัทผู้ผลิตเครื่องเร่งอนุภาค บริษัท Varian Siemens และ CGR ได้กำหนดค่าที่ใช้บอกพลังงานรังสีคือปริมาณรังสีที่ระยะลึกใด ๆ ตามเส้นกราฟแสดงปริมาณรังสีในน้ำตามระยะลึกซึ่งกำหนดไว้ตรงกันคือที่  $R_{80}$  แต่สำหรับบริษัท Philips ได้กำหนดให้ใช้ค่าปริมาณรังสีที่ระยะลึก 50% ของเส้นกราฟแสดงปริมาณรังสีในน้ำตามระยะลึก  $R_{50}$  ซึ่งเรียกว่า penetrative quality หรือค่าสากลที่นิยมใช้คือค่า Tissue Phantom Ratio ซึ่งหมายถึงสัดส่วนของปริมาณ

ตาราง 2.5 การเปรียบเทียบค่า beam quality index ที่ใช้บ่งบอกพลังงานของรังสีโฟตอนเมื่อเทียบกับ nominal energy เท่ากัน โดยวัดที่ขนาดพื้นที่รังสี  $10 \times 10$  ตารางเซนติเมตร (คัดแปลงจาก Institute of physics sciences in medicine, 1998)

Nominal Energy (MV)	$R_{80}$ (cm)	$R_{50}$ (cm)	TPR20/10
4	5.9	13.8	0.54
6	6.8	15.7	0.58
8	7.4	17.1	0.61
10	8.0	18.2	0.63
16	9.1	20.4	0.66
21	9.6	21.3	0.67
25	10.3	21.7	0.68

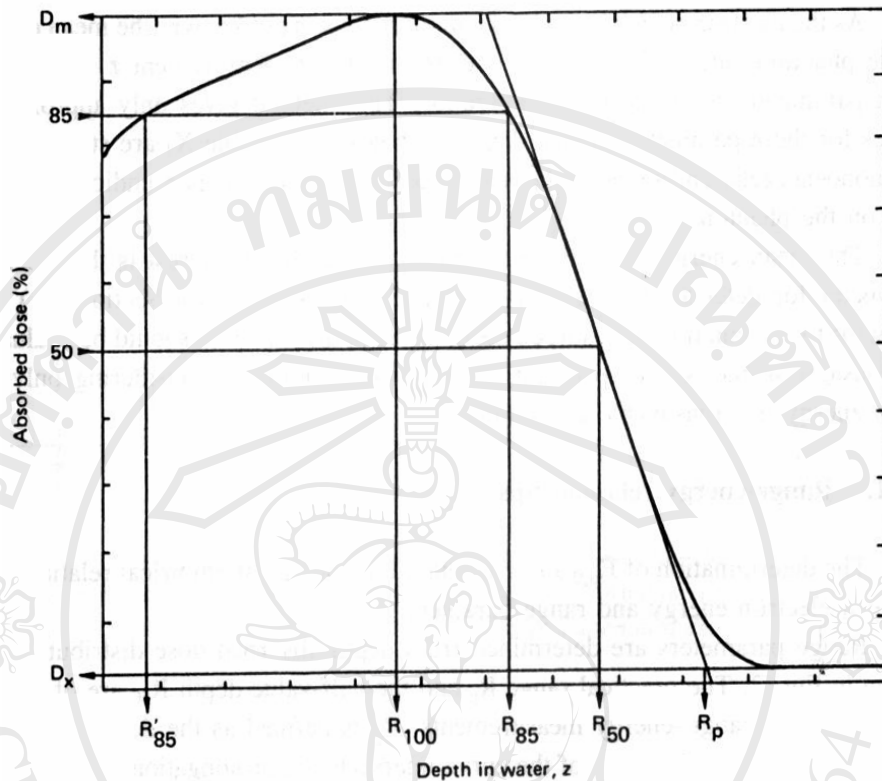
รังสีที่วัดในน้ำ ณ ระยะลึก 20 และ 10 เซนติเมตร (TPR20/10) ซึ่งค่าทั้งหมดสามารถเปรียบเทียบได้แสดงดังตาราง 2.5

#### 2) รังสีอิเล็กตรอน

ในการบอกค่าพลังงานของรังสีอิเล็กตรอน นิยมใช้ nominal energy (MeV) ซึ่งสำหรับรังสีอิเล็กตรอนจะมีค่าเท่ากับ  $2.5 * R_{50}$  (IPSM Report No.54)

นอกจากนี้ยังสามารถบอกได้ด้วย  $R_{80}$  (cm) ,  $R_{50}$  (cm) หรือ practical range ( $R_p$ ) ดังแสดงตามตาราง 2.6

จากรูป 2.6 พิจารณาจุดที่ลากจากเปอร์เซ็นต์ของปริมาณรังสี (แกน Y) 50 % มาตัดที่เส้นกราฟแล้วลากลงมาตัดที่ระยะลึก (แกน X) จะได้ค่าของ  $R_{50}$  และสำหรับ practical range หมายถึงเส้นที่ลากสัมผัสกับบริเวณเส้นกราฟที่ลาดลงที่ระยะลึกตัดกับเส้นขนานกับแกน Y ลากลงมาตัดที่แกน X จะได้ระยะลึกของ practical range ซึ่งค่าต่าง ๆ สามารถเปรียบเทียบกันได้ดังแสดงตามตาราง 2.6



รูป 2.6 เส้นกราฟแสดงปริมาณรังสีในน้ำตามระยะลึกของรังสีอิเล็กตรอน (Institute of physics sciences in medicine, 1998)

ตาราง 2.6 แสดงการเปรียบเทียบค่า beam quality index ที่ใช้บ่งบอกพลังงานของรังสีอิเล็กตรอน เมื่อเทียบด้วย nominal energy เท่ากัน โดยวัดที่ขนาดพื้นที่รังสี  $10 \times 10$  ตารางเซนติเมตร (Institute of physics sciences in medicine, 1998)

Nominal Energy (MeV)	$R_{80}$ (cm)	$R_{50}$ (cm)	Practical Range (cm)
3.0	1.0	1.2	1.7
6.0	2.0	2.4	3.1
9.0	3.0	3.6	4.5
12.0	4.0	4.9	6.0
15.0	5.0	6.0	7.5
18.5	6.0	7.4	9.2
22.0	7.0	8.8	11.1
25.5	8.0	10.2	13.3
30.0	9.0	12.1	15.4

## 2.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการประกันคุณภาพ

หน่วยงานทางรังสีรักษานั้น การมีเครื่องมือที่ให้บริการรักษาที่มีความทันสมัย หรือเทคนิควิธีการรักษาขั้นสูง ก็ไม่สามารถประกันได้ว่าผู้ป่วยจะได้รับการรักษาให้หายขาดหรือมีผลการรักษาเป็นไปตามที่ต้องการได้ เพราะหากอุปกรณ์และเทคนิควิธีการเหล่านั้นเกิดความผิดพลาด หรือบกพร่อง ผลเสียก็จะเกิดขึ้นโดยตรงต่อผู้ป่วย ดังนั้นการจะประกันคุณภาพได้นั้นจะต้องมีการควบคุมคุณภาพที่เหมาะสม ซึ่งปัจจัยสำคัญประการหนึ่งคือเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพ ดังนั้นหากหน่วยงานทางรังสีไม่มีเครื่องมือและอุปกรณ์เหล่านี้หรือไม่มีการควบคุมคุณภาพที่เหมาะสมและไม่ได้รับการพัฒนาให้ทันสมัยควบคู่ไปเครื่องมือที่ใช้รักษาแล้ว ก็ไม่สามารถทำการควบคุมคุณภาพที่ดีได้

เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบสามารถแบ่งประเภทได้ตามประเภทของการตรวจสอบ คือ

### 2.5.1 การตรวจสอบความถูกต้องของระบบกลไกการทำงาน (Mechanical Accuracy)

การตรวจสอบประเภทนี้ อาจใช้เครื่องมือที่ไม่ซับซ้อนมาก ส่วนใหญ่มักเป็นเครื่องมือที่หน่วยงานได้รับมาพร้อมกับเครื่องมือในการรักษา อาทิเช่น อุปกรณ์ rigid mechanical rod ที่ใช้ติดกับส่วนจำกัดลำรังสีของเครื่อง เพื่อตรวจสอบ ระยะ SSD ของเครื่องฉายรังสี ดังแสดงในรูป 2.7 หรือแผ่น template ตัวอย่างสำหรับกำหนดรูปแบบการตรวจสอบตำแหน่งของ MLC ดังแสดงในรูป 2.8



รูป 2.7 อุปกรณ์ rigid mechanical rod (สุพจน์ เอื้ออภิสิทธิ์วงศ์, 2548)



รูป 2.8 แผ่น template สำหรับกำหนดรูปแบบการตรวจสอบตำแหน่งของ MLC (สุพจน์ เอื้ออภิสิทธิ์วงศ์, 2548)



รูป 2.9 เครื่องวัดระดับน้ำที่นำมาใช้วัดมุมของแกนทรี (สุพจน์ เอื้ออภิสิทธิ์วงศ์, 2548)

หรือในบางกรณีอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ อาจเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในลักษณะงานอื่น ๆ แล้วนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบคุณสมบัติเครื่องมือ เช่นการใช้ระดับน้ำตรวจสอบมุมของแกนทรีและ ระบบจำกัดลำรังสี ดังแสดงในรูป 2.9

### 2.5.2 การตรวจสอบความปลอดภัยในการใช้รังสี (Radiation safety)

การตรวจสอบประเภทนี้ส่วนหนึ่งมักจะเป็นการตรวจสอบระบบความปลอดภัยต่าง ๆ ของเครื่องมือ นั่นคือการทดลองสร้างสถานการณ์ฉุกเฉินขึ้นแล้วตรวจสอบว่าระบบความปลอดภัยยังคงทำงานได้ตามปกติหรือไม่ และอีกส่วนหนึ่งมักจะหมายถึงการตรวจสอบปริมาณรังสีภายนอกห้อง ในระหว่างที่เครื่องมือทำงาน ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่และบุคคลภายนอก อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบประเภทนี้คือเครื่องตรวจติดตามวัดรังสี (survey meter) และเครื่องวัดรังสี หรืออุปกรณ์วัดปริมาณรังสีประจำตัวบุคคล ดังแสดงในรูป 2.10

### 2.5.3 การตรวจสอบความถูกต้องคุณภาพลำรังสี (Radiation accuracy)

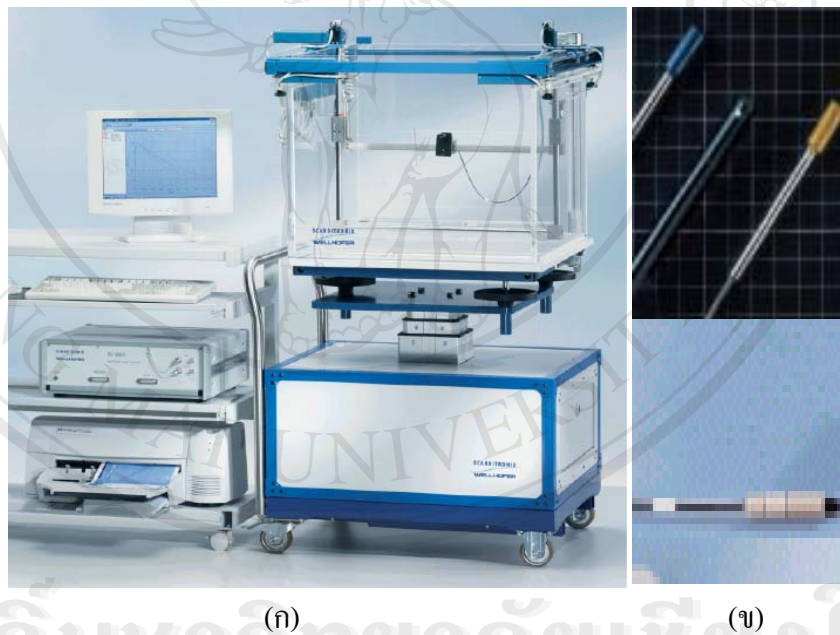
การตรวจสอบวิธีนี้มักจะต้องอาศัยเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีราคาแพงโดยเครื่องมือในกลุ่มนี้มีอาทิ อุปกรณ์ตรวจวัด หรือประเมินปริมาณรังสีต่าง ๆ (Electrometer and Dosimeters) ดังแสดงในรูป 2.11 ใช้ตรวจวัดและเก็บข้อมูลปริมาณรังสี เพื่อเป็นค่ามาตรฐานที่ใช้ในการวางแผนการรักษา รวมทั้งใช้ในการควบคุมคุณภาพด้วย



รูป 2.10 เครื่องตรวจติดตามวัดรังสี (survey meter)

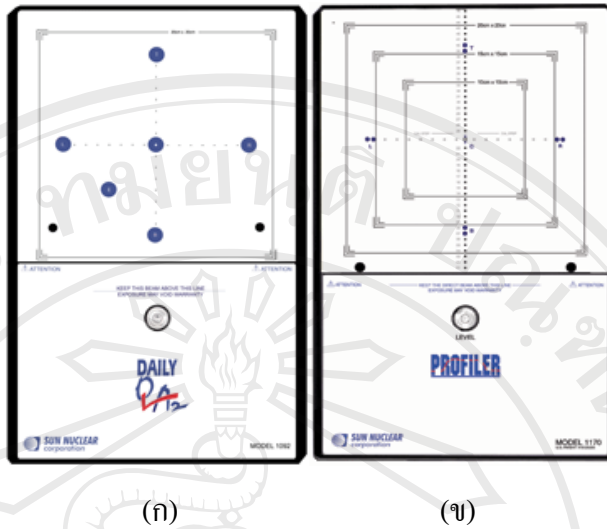


รูป 2.11 เครื่องมือตรวจวัดปริมาณรังสี (ก) electrometers และ (ข) detectors ชนิดต่าง ๆ (สุพจน์ เอื้ออภิสิทธิ์วงศ์, 2548)



รูป 2.12 (ก) เครื่อง Blue Phantom Scanner และ (ข) หัววัดของบริษัท Scanditronix Wellhofer (สุพจน์ เอื้ออภิสิทธิ์วงศ์, 2548)

นอกจากนั้นยังต้องอาศัยแฟนทอมที่ใช้ทำการวัดปริมาณรังสีและคุณสมบัติของลำรังสี อาทิ เครื่อง Blue Phantom Scanner ของบริษัท Scanditronix Wellhofer ดังแสดงในรูป 2.12 การทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือบางประเภทต้องทำในเวลาจำกัด เช่นการตรวจสอบประจำวัน เนื่องจากเครื่องฉายรังสีจะต้องถูกใช้กับผู้ป่วย ดังนั้นอุปกรณ์การประกัน



รูป 2.13 (ก) Daily QA check 2, (ข) Profiler ของบริษัท Sunnuclear

คุณภาพที่จะนำมาใช้ในการควบคุมคุณภาพจำเป็นต้องอำนวยความสะดวก และสามารถทำได้ โดยใช้เวลาไม่มาก โดยบางหน่วยงานเลือกซื้อเครื่องมือที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในการทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยเฉพาะ เช่น เครื่อง Daily QA check 2 เครื่อง Profiler ของบริษัท Sunnuclear ในรูป 2.13 (ก) และ (ข)

เครื่องมือการควบคุมคุณภาพของเครื่องเร่งอนุภาคมีทั้งชนิดที่เป็นการประยุกต์ หรือสร้าง เครื่องมืออย่างง่ายขึ้นมาใช้ในการตรวจสอบ และเครื่องมือที่ต้องมีการสั่งซื้อจากบริษัทที่ผลิต เครื่องมือควบคุมคุณภาพขึ้นมาจำหน่ายโดยตรง โดยเฉพาะเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของคุณภาพลำรังสีชนิดที่เป็นการตรวจสอบที่ต้องทำได้ง่าย และรวดเร็ว ส่วนใหญ่มักจะ ต้องซื้อจากบริษัทผู้ผลิต ซึ่งบางเครื่องได้ออกแบบมาให้ใช้งานได้ แต่ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลการ ตรวจสอบคุณภาพ หรือไม่มีระบบการจัดการข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพรองรับ จึงมีบางบริษัทได้ พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมาเพื่อใช้งานคู่กับเครื่องมือการตรวจสอบคุณภาพลำรังสีที่ผลิตขึ้น ทำให้สามารถจัดเก็บข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพ หรือนำข้อมูลการตรวจสอบการตรวจสอบมาทำ การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบได้ แต่โปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาจำหน่ายคู่กับเครื่องมือ ตรวจสอบคุณภาพนั้น มักจะมีราคาแพงและมีระบบการทำงานที่ไม่เอื้อประโยชน์ต่อผู้ใช้งานอย่าง ครบคลุม จึงเป็นที่มาของการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมาใช้ควบคู่กับเครื่องมือตรวจสอบ คุณภาพลำรังสี ให้มีการใช้งานได้อย่างกว้างขวางและครอบคลุมความต้องการของผู้ใช้งานมากขึ้น