อุปกรณ์ตรวจสอบลักษณะลำรังสี
(Beam Alignment Test Tool)

■ ชัยรัตน์ เต็มหลักทรัพย์ วท.บ. (รังสีเทคนิค)
งานรังสีรักษา สถาบันมะเร็งแห่งชาติ

บทคัดย่อ

งานรังสีรักษา สถาบันมะเร็งแห่งชาติได้ทำการออกแบบและจัดสร้างเครื่องมือสำหรับใช้ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องฉายรังสีเพื่อทำการฉายรังสีรักษากับผู้ป่วย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะใช้เครื่องมือดังกล่าวในการตรวจสอบขนาดของลำรังสีที่ปรากฏ (Light Field) และเปรียบเทียบกับลำรังสีจริง (Radiation Field) การหาจุดหมุนของ Collimator เตียง และ Gantry ด้วยการถ่ายภาพเอกซเรย์ นอกจากนี้ยังใช้ตรวจสอบสเกลลำแสงบอกระยะ (Optical Distance Indicator ,ODI) โดยสามารถตรวจสอบได้พร้อมกันทำให้ประหยัดเวลาในการตรวจสอบ

บทนำ

ในการรักษาผู้ป่วยด้วยเครื่องฉายรังสีจะต้องมีการควบคุมคุณภาพ (Quality Control, QC) เพื่อเป็นการประกันว่าผู้ป่วยจะได้รับการฉายรังสีอย่างถูกต้องแม่นยำตลอดการรักษา การตรวจสอบเครื่องฉายรังสีมีการแบ่งการตรวจเป็นแบบประจำวัน เดือน และปี (1) เพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องฉายรังสีนั้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการใช้งาน การตรวจสอบในแต่ละวันนั้นเป็นการตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงในการทำงานของเครื่องว่ามีความผิดปกติจากค่าเดิมหรือไม่ ขั้นตอนในการตรวจสอบนั้นจะต้องสามารถทำได้ง่ายและใช้เวลาน้อย สถาบันมะเร็งแห่งชาติมีเครื่องฉายรังสีชนิดเร่งอนุภาค (Linear Accelerator) 3 เครื่อง เครื่องโคบอล์ท-60 (Cobalt-60) 1 เครื่อง และ เครื่องจำลองการรักษา (Simulator) 1 เครื่อง ดังนั้นวิธีการตรวจสอบจะต้องถูกต้องแน่นอน และเชื่อถือได้ คณะผู้ทำ การวิจัยได้ออกแบบและสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการตรวจสอบ Beam Alignment เพื่อความเหมาะสม และรวดเร็วในการตรวจสอบลำรังสีของเครื่องฉายรังสีที่ใช้งานในงานรังสีรักษา สถาบันมะเร็งแห่งชาติ

วัสดุและวิธีการ

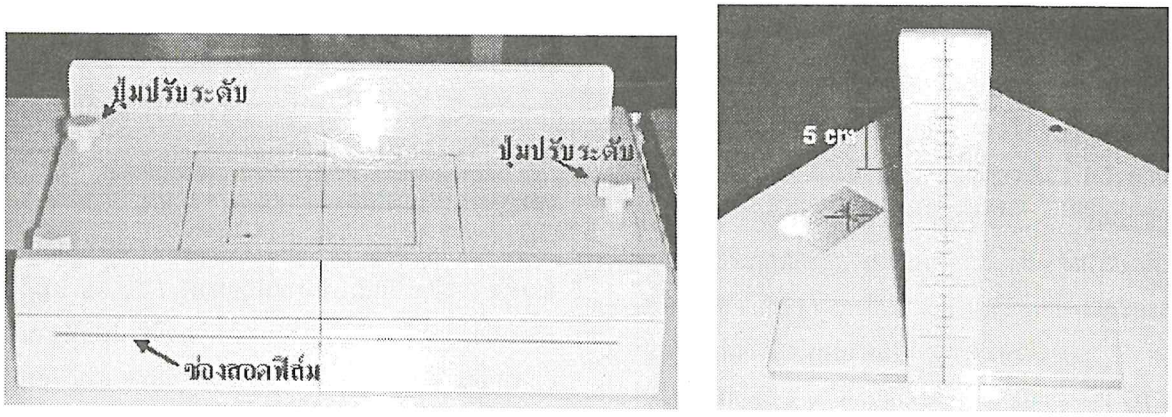
เครื่องตรวจสอบลักษณะลำรังสี (Beam Alignment Test Tool) ทำมาจากแผ่นพลาสติกอะครีลิค (Acrylic sheet) มีส่วนประกอบ 2 ส่วน (ตารางที่ 1) คือส่วนที่ตรวจสอบขนาดลำรังสีเปรียบเทียบกับลำแสง และส่วนตรวจสอบสเกลลำแสงบอกระยะ (Optical Distance Indicator) ซึ่งมีวิธีสร้างดังนี้

1.) ส่วนที่ตรวจสอบตำแหน่งลำรังสี (รูปที่ 1 ก) ใช้แผ่นพลาสติกสีขาวขนาด 26 x 32 ซม.^{2} ความหนา 6 มิลลิเมตร และทำการขีดเส้นออกจากแนวกึ่งกลางแผ่นเป็นกรอบสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 10 x 10 และ 15x 15 ซม.^{2} โดยมีจุดกึ่งกลางของสี่เหลี่ยมร่วมกัน ใช้คัตเตอร์กรีดตามแนวเส้นของสี่เหลี่ยมทุกด้าน รวมทั้งเส้นแบ่งกึ่งกลางร่วม แล้วใช้หมึกเขียนแผ่นใสชนิดทนน้ำขีดทับแนวคัตเตอร์ เจาะรูเพื่อฝังลวดตะกั่วขนาด 1.5 มม. ยาว 5 มม.ไว้ที่มุมของกรอบสี่เหลี่ยม และมุมบนด้านขวาเจาะรูฝังตะกั่วขนาด 3 มม. ยาว 5 มม. เพื่อเป็นเครื่องหมายแสดงทิศทางอ้างอิงซึ่งจะปรากฏบนฟิล์มเมื่อถ่ายภาพรังสี นำแผ่นพลาสติกดังกล่าวไปเชื่อมติดกับแผ่นพลาสติกอีกแผ่นที่มีขนาดเดียวกันแต่หนา 4 มม. ด้วยน้ำยาเชื่อมพลาสติก ใช้แผ่นพลาสติกหนา 2 มม. ติดที่ขอบด้านกว้างของแผ่นหลังทั้ง 2 ข้าง เพื่อให้มีช่องสำหรับสอดฟิล์มชนิด Ready pack (Kodak XV หรือ TL film)ขนาด 25 x 30 ซม.^{2} แล้วนำไปเชื่อมกับแผ่นพลาสติก หนา 10 มม. ที่มีขนาดเท่ากับแผ่นแรก ทำการเจาะรูเพื่อใส่น็อตพลาสติกขนาด 12 มม. จำนวน 3 ตำแหน่ง เพื่อใช้ปรับเครื่องมือให้อยู่ในแนวระนาบ ด้านข้างทั้ง 2 ด้านใช้แผ่นพลาสติกขนาด 7 X 32 ซม.^{2} เชื่อมประกบเพื่อใช้เป็นฐานของเครื่องมือ โดยที่ฐานด้านหนึ่งเจาะช่องให้ตรงกับช่องสำหรับสอดแผ่นฟิล์ม ทำการขีดเส้นโดยให้เส้นอยู่ในแนวผิวของเครื่องมือ ส่วนเส้นแนวตั้งจะอยู่ในแนวเดียวกับเส้นกึ่งกลางของแผ่น ผิวหน้าไว้สำหรับตรวจแนวลำเลเซอร์

2.) ส่วนตรวจสอบสเกลลำแสงบอกระยะ (ODI) ใช้แผ่นพลาสติกทำเป็นรูปฉาก มีลักษณะเหมือนรูปตัวทีกลับหัว (Inverted T) ส่วนที่เป็นฐานมีความกว้างประมาณ 10 ซม.ส่วนความยาวเท่ากับความกว้างระหว่างฐานของเครื่องตรวจสอบตำแหน่งรังสี ส่วนตัวของตัวทีมีขนาดกว้าง 5 ซม. ยาว 30 ซม. ใช้คัตเตอร์กรีดเส้นแบ่งครึ่งตลอดแนวของลำตัวและขีดเส้นแบ่งสเกลทุก ๆ 1 ซม. โดยสเกลจากบรรทัดมาตรฐานจาก 0 - 28 ซม. ใช้น้ำยาเชื่อมส่วนหัว และส่วนตัวเข้าด้วยกัน โดยให้ผิวของส่วนลำตัวทีอยู่ในแนวของส่วนหัว (รูปที่ 1 ข)

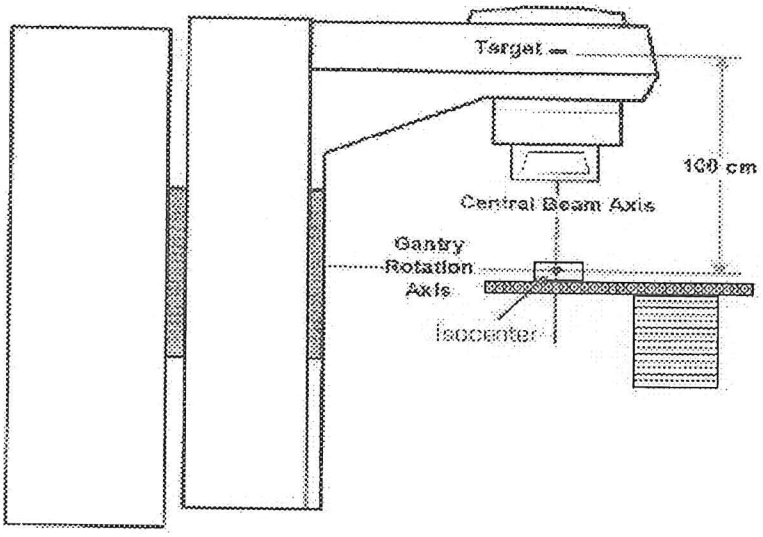
ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะของเครื่องมือตรวจสอบขนาดลำรังสี

Specification		
Materials	:	Acrylic sheet
Size	:	7 cm H x 32 cm L x 28.5 cm W
Markers	:	1.5 mm and 3 mm diameter Lead
ODI Stand	:	30 cm H x 7 cm L x 26 cm W
Leveling	:	3-point w/bubble Level



(ก) (ข)

รูปที่ 1 แสดงเครื่องตรวจสอบลักษณะลำรังสี
(ก) ส่วนตรวจสอบตำแหน่งลำรังสี
(ข) ส่วนตรวจสอบสเกลลำแสงบอกระยะ



รูปที่ 2 แสดงการจัดเครื่องตรวจสอบ

การใช้งาน

นำเครื่องมือที่จัดสร้างมาวางบนพื้นเตียงของเครื่องฉายรังสีที่จะทำการตรวจสอบ จัดปรับระดับของเครื่องมือให้อยู่ในแนวระนาบโดยปุ่มปรับระดับที่ตัวเครื่องและใช้เครื่องวัดระดับน้ำตรวจสอบจนผิวของส่วนตรวจสอบอยู่ในแนวระนาบ เลื่อนเครื่องมือให้จุดกึ่งกลางร่วมไปตรงที่จุดหมุนของเครื่อง (Reference isocenter)[1,2] โดยที่เงา cross wire ของ reticle ทาบบนเส้นแบ่งครึ่งของสี่เหลี่ยมจัตุรัส และพื้นผิวเครื่องมืออยู่ในแนวระดับ Wall laser ดูได้จากเส้นตั้งฉากที่ขีดไว้บนฐานเครื่องมือ (รูปที่ 2) และทำการตรวจสอบดังนี้

1.) การตรวจสอบลำรังสี

1.1 การทำ Star pattern test เพื่อตรวจสอบจุดหมุนของ collimator นำเครื่องมือที่จัดสร้างมาวางบนพื้นเตียงของเครื่องฉายรังสีที่จะทำการตรวจสอบ จัดปรับระดับของเครื่องมือให้อยู่ในแนวระนาบโดยปุ่มปรับระดับที่ตัวเครื่องและใช้เครื่องวัดระดับน้ำตรวจสอบจนผิวของส่วนตรวจสอบอยู่ในแนวระนาบ เลื่อนเครื่องมือให้จุดกึ่งกลางร่วมไปตรงที่จุดหมุนของเครื่อง (Reference isocenter)[1,2] โดยที่เงา cross wire ของ reticle ทาบบนเส้นแบ่งครึ่งของสี่เหลี่ยมจัตุรัส และพื้นผิวเครื่องมืออยู่ในแนวระดับ wall laser ดูได้จากเส้นตั้งฉากที่ขีดไว้บนฐานเครื่องมือ (รูปที่ 2) เปิดลำรังสีขนาด 0.4 x 25 ซม.^{2} ถ่ายภาพรังสีที่มุมต่าง ๆของ collimator (0, 30, 60, 90, 270, 300 และ 330 องศา) หมุน collimator กลับที่ 0 องศา เปิดลำรังสีขนาด 15 x 15 ซม.^{2} ตรวจลำแสงอยู่แนวเดียวกับกรอบสี่เหลี่ยมหรือไม่ แล้วถ่ายภาพรังสี ถ้าจุดตัดของลำรังสีเป็นจุดเดียว แสดงว่าไม่มีการเบี่ยงเบนของจุดกึ่งกลางของ collimator ขณะหมุนไปที่มุมต่าง ๆ ถ้าจุดตัดของลำรังสีอยู่ที่กึ่งกลางพอดี แสดงว่าจุดที่ใช้เป็น reference isocenter เป็นแนว center ของลำรังสี ถ้าขอบของลำรังสีทั้งสองด้านในแต่ละคู่อยู่ห่างจุดตัดเท่ากัน แสดงว่า collimator มี symmetry กัน และถ้าลำรังสีที่ปรากฏบนแผ่นฟิล์มรูปสี่เหลี่ยมตรงกับแนวที่ฝังตะกั่วตามขอบมุมสี่เหลี่ยม แสดงว่าลำแสงและลำรังสี Coincidence กัน

1.2 การทำ Star pattern เพื่อตรวจสอบจุดหมุนของเตียง (Treatment couch) จัดเครื่องมือเช่นเดียวกับข้อ1.1 เปิดลำรังสีขนาด 0.4 x 25 ซม.^{2} มุม Collimator 0 องศา ถ่ายภาพรังสีที่มุมต่าง ๆของเตียง (0, 30, 60, 90, 270, 300 และ 330 องศา) ตรวจสอบภาพรังสีที่ได้ว่าจุดตัดลำรังสีมีการเบี่ยงเบนไปหรือไม่ เพียงใด

1.3 การทำ Star pattern เพื่อตรวจสอบจุดหมุนของ Gantry จัดเครื่องมือโดยวางด้านข้างของส่วนตรวจสอบตำแหน่งลำรังสีลงบนฐานซึ่งปรับระดับได้ พื้นของเครื่องมืออยู่ในแนวดิ่งระนาบของผิวอยู่ในแนวแกน X ของ reticle เส้นกึ่งกลางร่วมของกรอบสี่เหลี่ยมอยู่ในระดับ wall laser เปิดลำรังสีขนาด 0.4 x 25 ซม.^{2} มุม collimator 0 องศา มุมเตียง 0 องศา ถ่ายภาพรังสีที่ตำแหน่งมุมของ Gantry ต่าง ๆ (0, 30, 60, 90, 270, 300 และ 330 องศา) แล้วหมุนเตียงไปที่ 90 องศา Gantry มุม 90 องศา ถ่ายภาพรังสีขนาดลำรังสี 15 x 15 ซม.^{2} ตรวจสอบ Star pattern เพื่อดูตำแหน่งจุดหมุน หรือ axis of rotation ของ Gantry ถ้าจุดตัดของลำรังสีเป็นจุดเดียวแสดงว่าจุดหมุนของ Gantry ไม่มีการเบี่ยงเบนไปขณะที่หมุนไปยังมุมต่าง ๆ

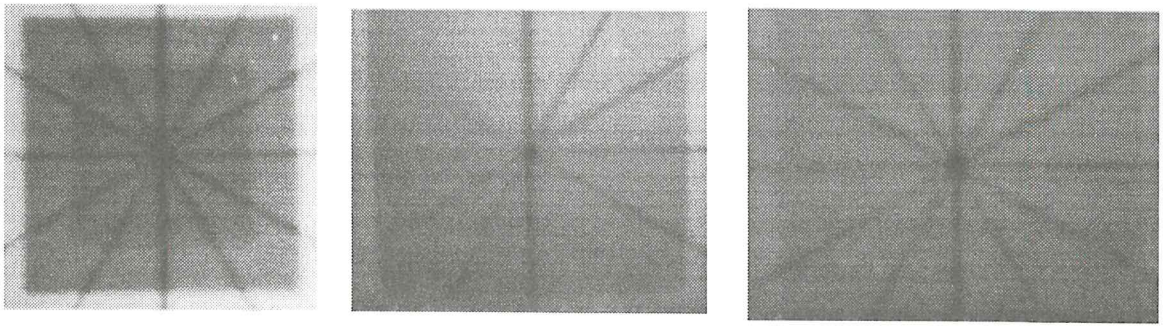
2.) ตรวจสอบสเกลลำแสงบอกระยะของเครื่องฉายรังสี

วางส่วนตรวจ ODI ลงบนเครื่องตรวจสอบลำรังสีโดยให้ขอบฐานอยู่แนวเดียวกับเส้นกึ่งกลาง เงาของ cross wire ของ reticle จะต้องทาบไปบนเส้นแบ่งครึ่งลำตัวทีตลอดแนวจนถึงจุดกึ่งกลางร่วมของกรอบสี่เหลี่ยม เปิดสเกล ODI ตำแหน่งบอกระยะต่าง ๆจะปรากฏบนแนวสเกลที่ขีดไว้ (รูปที่ 5) เปรียบเทียบระยะที่ปรากฏกับเส้นสเกลจริงที่ขีดไว้บนตัวที เลื่อนเตียงต่ำลงในแนวดิ่งให้เลเซอร์ผนังข้างชี้ที่ระดับ25 ซม. ของเครื่องมือ ตรวจสอบ ODI จากระยะ 100-125 ซม. ตรวจสอบเงาของ reticle ถ้าการเคลื่อนที่ลงของเตียงไม่ทำให้พื้นเตียงเปลี่ยนระนาบ เงาของ reticle จะยังคงชี้ตำแหน่งเดิม

ผลการทดลอง

1.) การตรวจสอบลำรังสี ในรูปที่ 3 แสดงตัวอย่างของฟิล์มที่ได้จากการถ่ายภาพตามวิธี Star pattern ถ้าจุดตัดลำรังสีที่ปรากฏเป็นจุดเดียวกันหรือเบี่ยงเบนไปไม่เกิน 2 มม. ถือว่าสามารถยอมรับได้ [2] และผลการตรวจสอบ beam alignment ของเครื่องฉายรังสีภายในหน่วยงาน แสดงในตารางที่ 2

2.) การตรวจสอบ ODI สามารถทำการอ่านผลได้โดยทันทีจากสเกลบนเครื่องมือ (รูปที่ 4) โดยได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3



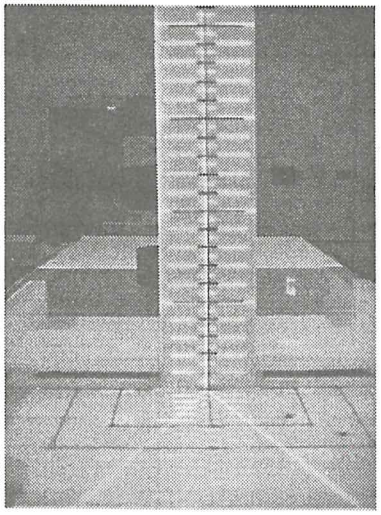
(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3 แสดงภาพถ่ายรังสีแสดงจุดตัดลำรังสีด้วยเทคนิค Start pattern

(ก) Collimator

(ข) Treatment couch

(ค) Gantry



รูปที่ 4 แสดงลำแสงเส้นบอกระยะจากเครื่องฉายรังสีเทียบกับระยะสเกลบนเครื่องมือ

ตารางที่ 2 แสดงค่า beam alignment ที่ตรวจสอบจากเครื่องฉายรังสี

Procedure	Linear Accelerators (SIEMENS)			Tolerance (±)
	MX2	MLC	KD	
Gantry rotation	OK	OK	OK	2 mm diameter
Treatment couch rotation	OK	OK	OK	2 mm diameter
Collimator rotation	OK	OK	OK	2 mm diameter
Light / Radiation beam coincidence	OK	OK	OK	2 mm

ตารางที่ 3 ผลต่างของลำแสงบอกระยะเมื่อเทียบกับสเกลจริงบนเครื่องมือ

ระยะ (เซนติเมตร)	เครื่องเร่งอนุภาค			เครื่อง Co-60	เครื่อง Simulator	Tolerance (±) (เซนติเมตร)
	MX2	MLC	KD			
60-70	-0.1	-0.1	-	+0 .15	+0.1	0.2
80-90	-	-	-	-0.1	-	0.2
90-100	-	-	-	-0.1	-	0.2
100-110	+0.05	-	+0.05	-0.2	-	0.2
110-125	+0.1	+0.1	+0.1	-0.25	-0.1	0.2

สรุปและวิจารณ์

เครื่องมือที่สร้างขึ้นมีจุดประสงค์ในการใช้งานหลักเพื่อการตรวจสอบ Coincidence ของลำรังสีจริง (Radiation beam) กับลำแสง (Light beam) เพื่อให้การปฏิบัติงานสะดวก รวดเร็ว ง่ายและประหยัดค่าใช้จ่าย เครื่องมือนี้ทำหน้าที่ยึดฟิล์มเพื่อถ่ายภาพลำรังสีโดยใช้ลวดตะกั่วเป็นตัวกำหนดขอบเขตของลำรังสีแทนการเจาะรูบนแผ่นฟิล์ม น้ำหนักของเครื่องมือเบาและมีขนาดกระทัดรัดทำให้ง่ายต่อการนำไปใช้งานในสถานที่ต่าง ๆได้สะดวก ส่วนตรวจสอบสเกลลำแสงบอกระยะเป็นส่วนประกอบที่สร้างขึ้นอย่างง่าย ๆแต่ให้ประโยชน์สูงในการตรวจสอบความถูกต้องของ ODI โดยการจัดระดับเดียวเพียง 2 ตำแหน่ง สามารถตรวจสอบได้ตลอดระยะที่ใช้งาน

การตรวจสอบ Coincidence ของลำรังสีจริงและลำแสงไฟ การตรวจสอบจุดหมุนของ Collimator Treatment couch และ Gantry ของเครื่องฉายรังสี โดยใช้เทคนิค Star pattern test แปรผลพบว่าความผิดพลาดอยู่ในเกณฑ์กำหนดตรวจสอบเครื่องมือซึ่งกำหนดโดย IAEA และค่าที่ตรวจพบอยู่ในเกณฑ์เดียวกับค่าที่ได้จากการตรวจสอบประจำปีจากกองรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ในการทำ Star pattern test เมื่อจุดตัดของลำรังสีไม่ตรงกับ Light indicator เช่นแนวของ wall laser หรือเงาของ cross wire ของ recticle สามารถปรับได้โดยการนำฟิล์มไปวางไว้บนเครื่องมือตามตำแหน่ง Markers ที่ปรากฏบนฟิล์ม

จัดฟิล์มให้อยู่ในตำแหน่งเดิมของการตรวจสอบ แล้วปรับ Light indicator ให้ไปอยู่ในตำแหน่งจุดตัดของลำรังสีจะได้ตำแหน่งที่ถูกต้อง ส่วนการเบี่ยงเบนของจุดหมุนจะต้องแก้ไขโดยช่างจากบริษัทผู้ผลิตเครื่อง การใช้ประโยชน์จากเครื่องมือชุดนี้ สามารถใช้ได้ทั้งการตรวจรับการติดตั้ง (Acceptance test) การตรวจสอบคุณภาพ (Quality control) และเป็นเครื่องช่วยในการปรับเครื่อง (Calibration) ในส่วนของ Beam alignment

คำขอบคุณ

ผู้จัดทำขอขอบคุณ กองรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ในการตรวจวัดเครื่องฉายรังสี และขอบคุณนายเสนีย์ ร่ารื่น นักฟิสิกส์การแพทย์ ที่ช่วยจัดทำเครื่องมือตามแบบจนสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

1. AAPM, Physical aspects of quality assurance in radiation therapy. Report No.13 clolchester, VT:AIDC, 1984
2. Khan,Faiz M. The physics of radiation therapy 2 nd ed. Baltimore : Williams & Wilkins, 1992: 515-522.