

ผลงานวิชาการ

เรื่อง

การประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสี  
รอบหลอดเอกซเรย์(X-ray tube)  
ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล  
(Digital fluoroscopy)

โดย

นาย สุธาวิ วรสุวรรณ

ขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง  
ตำแหน่ง นักรังสีการแพทย์ชำนาญการพิเศษ  
ตำแหน่งเลขที่ ๒๙๒  
สถาบันบาราศนราดรุณ กรมควบคุมโรค

## คำนำ

กลุ่มงานรังสีวิทยา สถาบันบำราศนราดูร เป็นหน่วยงานด้านรังสีวินิจฉัย ใช้เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) ซึ่งเป็นเครื่องเอกซเรย์สำหรับการตรวจพิเศษทางรังสี สามารถแสดงและบันทึกภาพด้วยระบบดิจิทัล ที่มีความรวดเร็วถูกต้อง แม่นยำให้รายละเอียดของภาพเอกซเรย์สูง โดยใช้ระบบควบคุมการทำงานจากระยะไกล (Remote control) แสดงภาพได้แบบ real time ใช้ในการตรวจเพื่อค้นหาความผิดปกติของอวัยวะต่างๆ ทำให้ง่ายต่อการวินิจฉัยโรค แต่มีการตรวจพิเศษทางรังสีบางอย่าง ซึ่งเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานมีความจำเป็นต้องอยู่ในตำแหน่งที่ต้องได้รับปริมาณรังสีโดยตรงเป็นเวลานานระหว่างการตรวจ แม้จะใส่เครื่องป้องกันแล้วเช่น Voiding Cystourethrography (VCUG) Hysterosalpingography (HSG) เป็นต้น แต่เนื่องจากเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัลดังกล่าว ไม่สามารถปรับลดระยะห่างระหว่างหลอดเอกซเรย์ (x-ray tube) และตัวรับภาพ (Fluoroscopic image intensifier) ได้ ทำให้มีปริมาณรังสีกระเจิง (Scatter radiation) เป็นอันตรายต่อเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานและผู้ป่วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้คิดประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) ขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณรังสีกระเจิงที่เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานจะได้รับขณะทำการถ่ายภาพรังสี

ในการวิจัยครั้งนี้ได้รับความร่วมมือและช่วยเหลืออย่างยิ่ง จากผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้คำปรึกษา ค้นคว้าหาความรู้แล้วนำมาประยุกต์ใช้รวมทั้งจากผู้บังคับบัญชาและผู้ร่วมงานผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยฉบับนี้คงเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจและหากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำขอน้อมรับเพื่อดำเนินการปรับปรุงต่อไป

สุธาวิ วรสุวรรณ

29 พฤศจิกายน 2562

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจากผู้บริหาร หัวหน้ากลุ่มงานรังสีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ร่วมงาน

ขอขอบพระคุณ นางณัฐธยาน์ เลหาศรีสกุล แพทย์ประจำศูนย์รังสีวินิจฉัย (AIMC) คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี นายจักรารุช พานิชโยทัย อาจารย์ประจำหลักสูตรรังสีเทคนิค คณะรังสีวิทยา มหาวิทยาลัยรังสิต นางอนงค์ สิงทวงไชย์ นักฟิสิกส์รังสีชำนาญการพิเศษ นายสุรชัย ต้อยด้วง นักฟิสิกส์รังสีชำนาญการ สำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้ความกรุณาเป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำการใช้เครื่องมือ การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

ขอขอบพระคุณ นางสาวปริยานุช อติบุรณกุล นายแพทย์เชี่ยวชาญ หัวหน้ากลุ่มงานรังสีวิทยา สถาบันบำราศนราดูร กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้การสนับสนุนและส่งเสริมให้เกิดการพัฒนา งานวิจัยและนวัตกรรม

อนึ่งผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงขอมอบความดีทั้งหมดนี้ให้แก่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง รวมถึงขอมอบความกตัญญูตเวทิตาคุณ แต่ บิดามารดา ครู อาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน สำหรับข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้นผู้วิจัยขออภัยขอโทษผู้เดียวและยินดีรับฟังคำแนะนำ ข้อเสนอแนะจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อประโยชน์ในการพัฒนางานรังสีวิทยาต่อไป

สุธาวี วรสุวรรณ

29 พฤศจิกายน 2562

## สารบัญ

## หน้า

คำนำ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทคัดย่อ	1
บทที่ 1 บทนำ	2
ที่มาและความสำคัญของปัญหา	2
วัตถุประสงค์	3
คำถามวิจัย	3
ขอบเขตการวิจัย	3
วิธีดำเนินการวิจัย	3
เครื่องมือวิจัย	4
การวิเคราะห์ข้อมูล	4
นิยามศัพท์	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	6
เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล	6
ผลของรังสีที่เกิดขึ้นกับบุคคลที่ได้รับรังสี	8
รังสีกระเจิง	12
การประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสี	13
การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	14
บทที่ 4 ผลการศึกษา	21
บทที่ 5 การสรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	24
เอกสารอ้างอิง	26
ภาคผนวก	
เอกสารรับรองการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ	

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ชนิดของการได้รับบาดเจ็บทางผิวหนังและปริมาณรังสีที่ได้รับใน 1 fraction	10
2	The Annual Occupational Dose Limit ตามข้อกำหนดของ ICRP 60	10
3	แสดงตัวอย่างของค่า HVLและTVL สำหรับตะกั่วและน้ำที่พลังงานรังสีแกมมาต่างๆ	12
4	ระยะห่างจากจุดกึ่งกลางหลอดเอกซเรย์ไปยังเครื่องสำรวจรังสีที่ระดับความสูงจากพื้น 90 และ 145 ซม.	19
5	ปริมาณรังสีกระเจิงก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ ที่ระดับความสูงจากพื้น 90 ซม.จำนวน 7 ตำแหน่ง	22
6	ปริมาณรังสีกระเจิงก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ ที่ระดับความสูงจากพื้น 145 ซม.จำนวน 7 ตำแหน่ง	23

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC)	6
2	เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัลชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) ยี่ห้อ Toshiba รุ่น KXO-50XM Serial Number: K2D0912939	14
3	อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัลชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ	15
4	การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัลชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ	16
5	เครื่องสำรวจรังสี (Survey meter model) ยี่ห้อ Fluke รุ่น 451P-DE-SI-RYR S/N: 6608	17
6	หุ่นจำลอง (Phantom): PMMA phantom ขนาด 240x240 มม. ความหนา 200 มม.	17
7	แสดงมุมมองตำแหน่งในการวัดปริมาณรังสีกระเจิงทั้ง 7 ตำแหน่ง (มุมมองด้านบน)	19
8	มุมมองตำแหน่งในการวัดปริมาณรังสีกระเจิงทั้ง 7 ตำแหน่ง (มุมมองด้านข้าง)	20

การประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์(X-ray tube)  
ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล(Digital fluoroscopy)

An Invented Device for Radiation Protection from a Digital Fluoroscopic X-ray Tube

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษาวิจัยกึ่งทดลองโดยการประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัลชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของ Toshiba รุ่น KXO-50XM ติดตั้งอยู่ที่ห้องตรวจพิเศษทางรังสี กลุ่มงานรังสีวิทยา สถาบันบำราศนราดูร เพื่อลดปริมาณรังสีกระเจิงที่เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานจะได้รับขณะทำการถ่ายภาพรังสี ขั้นตอนประกอบด้วยการออกแบบอุปกรณ์โดยใช้เสื้อตะกั่วเก่าเทียบเท่ากับแผ่นตะกั่วที่มีความหนา 0.5 มิลลิเมตร หุ้มด้วยแผ่นหนังเทียมเสริมความแข็งแรงด้วยโครงเหล็กดัดรองรับอุปกรณ์ จากนั้นติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์และทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีโดยการวัดปริมาณรังสีกระเจิงก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ด้วยเครื่องสำรวจรังสีร่วมกับการใช้หุ่นจำลองที่ตำแหน่งต่างๆรอบเตียงเอกซเรย์จำนวน 7 ตำแหน่ง ที่ระดับความสูงจากพื้น 2 ระดับ คือ 90 และ 145 เซนติเมตร ซึ่งเทียบได้กับตำแหน่งของ Gonad และ Thyroid ของคนสูง 170 เซนติเมตร พบว่าเมื่อใช้รังสีพลังงานคงที่ 97 kilovoltage peak 2.5 milliamperere ที่ตำแหน่งต่างๆรอบเตียงเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีที่ระดับความสูงจากพื้น 90 และ 145 เซนติเมตร ปริมาณรังสีกระเจิงลดลงตั้งแต่ร้อยละ 5.26 ถึง 16.15 และตั้งแต่ร้อยละ 1.86 ถึง 11.76 ตามลำดับ แสดงว่าอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้สามารถนำไปใช้ป้องกันอันตรายจากรังสีขณะปฏิบัติงานได้

**คำสำคัญ:** อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสี หลอดเอกซเรย์ เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล รังสีกระเจิง

ABSTRACT

A Quasi-experimental study was aimed to invent a radiation protection device around an over-table x-ray tube of a TOSHIBA brand model KXO-50XM digital fluoroscopy x-ray machine operating in an Automatic Exposure Control (AEC) mode at a fluoroscopic room, Radiology Unit of Bamrasnaradura Infectious Disease Institute. The radiation protection device was built by using an unused lead apron, equivalent to a lead shield with its thickness of 0.5 millimeter, and was covered with a leatherette sheet and a steel frame. The device was put around the x-ray tube and scatter radiation was determined before and after installation for its effectiveness. Using a survey meter with a phantom, the scatter radiation of 7 different positions around a fluoroscopic table was measured at 90 and 145 centimeters above the floor, representing of gonad and thyroid positions of a person with a height of 170 centimeters, respectively. Reduction of scatter radiation was demonstrated in a range of 5.26 to 16.15% and 1.86 to 11.76% at 90 and 145 centimeters above the floor, respectively. Our study suggested that the device invented demonstrated its ability to protect radiation during operation.

**Keywords:** radiation protection device, x-ray tube, digital fluoroscopy, scatter radiation

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันงานด้านรังสีวินิจฉัยนับว่ามีความสำคัญในการช่วยแพทย์วินิจฉัยโรค ซึ่งในแต่ละวันมีผู้เข้ารับบริการจากหน่วยงานจำนวนมาก ปริมาณรังสีที่ให้และความปลอดภัยของผู้ป่วยและเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานจึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง International Commission on Radiological Protection (ICRP) <sup>(1)</sup> ได้กำหนดเป้าหมายการป้องกันรังสีเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิด deterministic effects อีกทั้งลดโอกาสการเกิด stochastic effects ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้และพิจารณารังสีไปใช้ในปริมาณน้อยที่สุด โดยก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด (As Low As Reasonably Achievable: ALARA)

เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปี<sup>(2)</sup> เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งในงานด้านรังสีวินิจฉัยที่ใช้รังสีในการวินิจฉัยโรคในทางการแพทย์ ซึ่งเป็นเครื่องเอกซเรย์ที่สามารถมองเห็นภาพอวัยวะต่างๆในขณะที่ทำการตรวจได้ทางจอภาพ ในลักษณะที่เป็นปัจจุบัน(real time) มีหลายประเภท เช่น ชนิด C- arm, Under-table x-ray tube, Over-table x-ray tube, AEC mode เป็นต้น โดยการใช้ระบบควบคุมการทำงานจากระยะไกล (remote control) ทำให้แพทย์ที่กำลังตรวจผู้ป่วยสามารถตรวจหาความผิดปกติของอวัยวะต่างๆของร่างกายได้ โดยเฉพาะการตรวจอวัยวะภายใน ซึ่งจะต้องอาศัยสารทึบรังสี (contrast media) ในการตรวจ เช่น ระบบทางเดินอาหาร, Voiding Cystourethrography (VCUG), Hysterosalpingography (HSG) ลำไส้ส่วนต่างๆทางเดินน้ำดี เป็นต้น ซึ่งแพทย์ผู้ตรวจสามารถบันทึกภาพในช่วงต่างๆในการตรวจลงในระบบของคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปประกอบการรายงานผลการตรวจในภายหลังได้

กลุ่มงานรังสีวิทยา สถาบันบำราศนราดูร เป็นหน่วยงานด้านรังสีวินิจฉัย ใช้เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) ซึ่งเป็นเครื่องเอกซเรย์สำหรับการตรวจพิเศษทางรังสี สามารถแสดงและบันทึกภาพด้วยระบบดิจิทัล ที่มีความรวดเร็วถูกต้องแม่นยำให้รายละเอียดของภาพเอกซเรย์สูง โดยใช้ระบบควบคุมการทำงานจากระยะไกล (Remote control) แสดงภาพได้แบบ real time ใช้ในการตรวจเพื่อค้นหาความผิดปกติของอวัยวะต่างๆ ทำให้ง่ายต่อการวินิจฉัยโรค แต่มีการตรวจพิเศษทางรังสีบางอย่าง ซึ่งเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานมีความจำเป็นต้องอยู่ในตำแหน่งที่ต้องได้รับปริมาณรังสีโดยตรงเป็นเวลานานระหว่างการตรวจ แม้จะใส่เครื่องป้องกันแล้ว เช่น VCUG, HSG เป็นต้น แต่เนื่องจากเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัลดังกล่าว ไม่สามารถปรับลดระยะห่างระหว่างหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) และตัวรับภาพ (Fluoroscopic image intensifier) ได้ ทำให้มีปริมาณรังสีกระเจิง (scatter radiation) เป็นอันตรายต่อเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานและผู้ป่วย มีการกำหนดปริมาณรังสีสูงสุดที่ยอมรับได้สำหรับเจ้าหน้าที่ ถ้า effective dose เฉลี่ยในระยะเวลา 5 ปีไม่เกิน 20 millisieverts per year (mSv/yr) ถือว่าปลอดภัยจากรังสี<sup>(3)</sup> บุคลากรทางการแพทย์ที่ใช้เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีในการวินิจฉัยเป็นเวลานานอาจได้รับปริมาณรังสีสูงและมีอัตราเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง 4 คนต่อบุคลากรแสนคน ซึ่งสูงกว่าบุคลากรที่ใช้เครื่องเอกซเรย์ทั่วไปถึง 4 เท่า และเสี่ยงเป็นต่อกระดูกเนื่องจากได้รับปริมาณรังสีสูงเกินกว่าที่เลนส์ตาสามารถรับได้ถึง 1.4 เท่า ขณะปฏิบัติงานจึงควรใช้อุปกรณ์วัดปริมาณรังสีบุคคลและอุปกรณ์ป้องกัน ได้แก่ เสื้อตะกั่ว ไซรอยด์ซิลด์ แวนตาทันรังสี และฉากกำบังรังสีที่ตำแหน่งต่างๆ<sup>(4)</sup> ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัลชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้



ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณรังสีกระเจิงที่เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานจะได้รับขณะทำการถ่ายภาพรังสี

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาค่าปริมาณรังสีกระเจิงจากหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC)
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC)
3. เพื่อลดปริมาณรังสีกระเจิงให้เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานจะได้รับขณะทำการถ่ายภาพรังสี

### คำถามวิจัย

สมมุติฐานหลักที่ตั้งไว้ (Null hypothesis  $H_0$ ) เป็นดังนี้ “ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีกระเจิง หลังการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ (x-ray tube) ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) **ไม่มีความแตกต่างกัน**กับค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีกระเจิง ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ (x-ray tube) ของเครื่องเอกซเรย์ เครื่องเดียวกัน”

สมมุติฐานทางเลือก หากสมมุติฐานหลักไม่เป็นความจริง (Alternative hypothesis  $H_a$ ) เป็นดังนี้ “ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีกระเจิง หลังการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) **มีค่าน้อยกว่า** ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีกระเจิง ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) ของเครื่องเอกซเรย์ เครื่องเดียวกัน”

### ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) โดยการประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) ติดตั้งอยู่ที่ห้องตรวจพิเศษทางรังสี กลุ่มงานรังสีวิทยา สถาบันบำราศนราดูร เพื่อลดปริมาณรังสีกระเจิงที่เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานจะได้รับขณะทำการถ่ายภาพรังสี

### วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวิจัยโดยการประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) ขั้นตอนประกอบด้วย การออกแบบและทำการทดสอบประสิทธิภาพอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ที่ประดิษฐ์ขึ้น โดยวัดปริมาณรังสีกระเจิงก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ด้วยเครื่องสำรวจรังสีร่วมกับการใช้หุ่นจำลองที่ตำแหน่ง

ต่างๆ รอบเตียงเอกซเรย์ จำนวน 7 ตำแหน่ง โดยใช้รังสีพลังงานคงที่ 97kVp 2.5mA ทำการวัดตำแหน่งละ 10 ครั้ง ซึ่งแต่ละตำแหน่งอ้างอิงจากตำแหน่งที่ผู้ปฏิบัติงานยืนปฏิบัติงานจริงในห้องตรวจพิเศษทางรังสี ที่ระดับความสูงจากพื้น 2 ระดับ คือ 90และ145 เซนติเมตร เทียบเท่ากับระดับความสูงของตำแหน่ง Gonad และThyroid ของคนสูง 170 เซนติเมตร จากนั้นวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย และค่า Standard deviation (SD) ของปริมาณรังสีกระเจิงก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสี รอบหลอดเอกซเรย์ที่ประดิษฐ์ขึ้น

### เครื่องมือวิจัย

1. เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) ผลิตภัณฑ์ของToshibารุ่น KXO-50XM Serial Number: K2D0912939 อัตรากำลัง: 150kilovoltage peak (kVp) 630milliamper (mA) ผลิตโดยบริษัท Toshiba medical systems corporation ประเทศญี่ปุ่น ผ่านการตรวจสอบเกณฑ์มาตรฐานโดยศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 6 จังหวัดชลบุรี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข หมายเลขวิเคราะห์ 3261002977 รายงานผลการตรวจวิเคราะห์ ลงวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2561

2. อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสี เป็นอุปกรณ์ซึ่งประดิษฐ์ขึ้นจากลวดตะกั่วเก่าเทียบเท่ากับแผ่นตะกั่วที่มีความหนา 0.5 มิลลิเมตร (มม.) ซึ่งช่วยวัดนับ เซตเกียร์ติกลและคณนะ แนะนำไว้สำหรับเครื่องเอกซเรย์แบบฟลูออโรสโคปี<sup>(5)</sup> นำมาตัดให้ได้ขนาด 40x120 เซนติเมตร (ซม.) เสริมความแข็งแรงด้วยโครงเหล็กตัดรองรับลวดตะกั่วเก่าที่ตัดให้ได้ขนาดดังกล่าวแล้วหุ้มด้วยแผ่นหนังเทียม แล้วนำไปติดตั้งรอบหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง

3. เครื่องสำรวจรังสี (Survey meter model) ผลิตภัณฑ์ของ Fluke รุ่น 451P-DE-SI-RYR Serial Number: 6608 ผลิตโดยบริษัท Fluke Biomedical ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้รับการสอบเทียบจากห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องวัดรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

4. ฟันจำลอง (Phantom): PMMA phantom ขนาด 240 x 240 มิลลิเมตร (มม.) ความหนา 200 มิลลิเมตร (มม.) (เทียบเท่าผู้ป่วยขนาดความหนา 20 ซม.) ผลิตโดยบริษัท Pure Imaging Phantoms ประเทศอังกฤษ

### การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรมสำเร็จรูป Data analysis ของ EXCEL 2010 ประกอบด้วย ปริมาณรังสีกระเจิง และความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีกระเจิง โดยใช้สถิติบรรยาย (Descriptive statistic) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และค่าร้อยละ (Percentage)

### นิยามศัพท์

**อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสี** หมายถึง อุปกรณ์ซึ่งประดิษฐ์ขึ้นจากลวดตะกั่วเก่า เทียบเท่ากับแผ่นตะกั่วที่มีความหนา 0.5 มิลลิเมตร (มม.) นำมาตัดให้ได้ขนาด 40x120 เซนติเมตร (ซม.) เสริมความแข็งแรงด้วยโครงเหล็กตัดรองรับลวดตะกั่วเก่าที่ตัดให้ได้ขนาดดังกล่าวแล้วหุ้มด้วยแผ่นหนังเทียม แล้วนำไปติดตั้งรอบหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ช่วยลดปริมาณรังสีกระเจิงที่เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานจะได้รับขณะทำการถ่ายภาพรังสี
2. สามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ทางรังสีอื่นๆ
3. นำไปศึกษาวิจัยต่อในงานวิจัยที่มีความคล้ายคลึงกันได้

## บทที่ 2

### วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมต่างๆดังนี้

#### เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy)<sup>(2)</sup>

เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งในงานด้านรังสีวินิจฉัยที่ใช้รังสีในการวินิจฉัยโรคในทางการแพทย์ ซึ่งเป็นเครื่องเอกซเรย์ที่สามารถมองเห็นภาพอวัยวะต่างๆในขณะที่ทำการตรวจได้ทางจอภาพในลักษณะที่เป็นปัจจุบัน (real time) มีหลายประเภท เช่น ชนิด C-arm, Under-table x-ray tube, Over-table x-ray tube, AEC mode เป็นต้น โดยการใช้ระบบควบคุมการทำงานจากระยะไกล (remote control) ทำให้แพทย์ที่กำลังตรวจผู้ป่วยสามารถตรวจหาความผิดปกติของอวัยวะต่างๆของร่างกายได้ โดยเฉพาะการตรวจอวัยวะภายใน ซึ่งจะต้องอาศัยสารทึบรังสี (contrast media) ในการตรวจเช่น ระบบทางเดินอาหาร ลำไส้ส่วนต่างๆ ทางเดินน้ำดี เป็นต้น ซึ่งแพทย์ผู้ตรวจสามารถบันทึกภาพในช่วงต่างๆในการตรวจลงบนแผ่นฟิล์มหรือในระบบของคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปประกอบการรายงานผลการตรวจในภายหลังได้

#### ส่วนประกอบของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy)

เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC)

## ส่วนประกอบหลัก

1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงสำหรับเอกซเรย์ (X-ray generator) ให้ความต่างศักย์ไฟฟ้า(kVp) สำหรับ radiography ได้ตั้งแต่ 40-150 kVp (kilovoltage peak) โดยปรับได้ครั้งละไม่เกิน 1 kVp ค่ากระแสไฟฟ้า(mA) สำหรับ radiography ได้ตั้งแต่ 10-630 mA (milliamperere) ค่าเวลา(sec) สำหรับ radiography ได้ในช่วงตั้งแต่ 0.001-10 วินาที ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า(kVp) สำหรับfluoroscopy ได้ตั้งแต่ 50-125 kVp ค่ากระแสไฟฟ้า(mA) สำหรับ fluoroscopy ได้ตั้งแต่ 0.5-4 mA มีแผงแสดงสภาวะการทำงานภายในห้องควบคุมการทำงาน ส่วนใหญ่เป็นระบบ touch screen แสดงผล เป็นแบบ LCD Display โดยสามารถแสดงการทำงานของเครื่องเอกซเรย์ได้ ตั้งเวลาในการตรวจผู้ป่วยและแสดงเวลาที่ทำการตรวจผู้ป่วย เพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วยจาก x-ray dose ที่ได้รับ dose limit และสามารถถ่ายเอกซเรย์แบบ serial exposure ได้ไม่น้อยกว่า 15 ภาพ/วินาทีที่ความละเอียดไม่น้อยกว่า 1024x1024 pixels, 12 bits

2. หลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) เป็นหลอดเอกซเรย์ที่มีลักษณะเหมือนกับหลอดเอกซเรย์ทั่วไป โดยปกติแล้วมักจะแยกหลอดเอกซเรย์ที่ใช้กับเครื่องฟลูออโรสโคปออกเป็น 2 หลอด คือ

- หลอดเอกซเรย์สำหรับฟลูออโรสโคปและสปอทภาพ เป็นหลอดเอกซเรย์หลักสำหรับการถ่ายภาพฟลูออโรสโคปและสำหรับการสปอทภาพ ในขณะที่กำลังฟลูออโรสโคปตามปกติ เป็นหลอดเอกซเรย์หัวอาโนดหมุน(Rotating anode) มีอุปกรณ์ควบคุมขนาดของลำแสงเอกซเรย์โดยสามารถควบคุมจากชุดควบคุมภายในห้องควบคุมได้ มีการตั้งค่าเทคนิคการฉายแสงในลักษณะการถ่ายภาพเอกซเรย์ต่างๆไป โดยกำหนดไว้ที่เครื่องควบคุมซึ่งจะแยกส่วนการควบคุมระหว่างการตั้งค่าปริมาณรังสีสำหรับการถ่ายภาพฟลูออโรสโคปและสำหรับการสปอทภาพ
- หลอดเอกซเรย์โอเวอร์เฮด เป็นหลอดเอกซเรย์ที่ใช้สำหรับการถ่ายภาพรังสีทั่วไป โดยเฉพาะภาพหลังการทำเอกซเรย์ฟลูออโรสโคป เรียกว่า การถ่ายโอเวอร์เฮดเอกซเรย์ (Overhead x-ray) และยังสามารถใช้ประโยชน์ในการถ่ายภาพเอกซเรย์ทั่วไปได้ด้วย เป็นหลอดเอกซเรย์ชนิดอาโนดหมุน (Rotating anode) เช่นเดียวกับหลอดเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปและสปอทภาพ

3. เตียงเอกซเรย์ (X-ray couch) สามารถเคลื่อนที่ได้ในหลายทิศทาง มีตัวควบคุมทั้งภายในห้องควบคุมและภายในห้องตรวจ มีชุดรับภาพเอกซเรย์สามารถเลื่อนไปตามแนวยาว(longitudinal travel) ได้ไม่น้อยกว่า 98.5 cm และพื้นเตียงสามารถเลื่อนตามแนวขวาง (transverse travel) ได้ไม่น้อยกว่า 25 cm เตียงเอกซเรย์สามารถเอียงได้อย่างน้อยในช่วง +89 และ -45 องศา ความห่างของพื้นเตียงกับผิวหน้าของชุดขยายความสว่างภาพ(image intensifier) ไม่เกิน 5 cm เพื่อลดการขยายและการบิดเบี้ยวของภาพ มี cassette holder สามารถใช้ถ่ายภาพลงแผ่น plate CR ขนาดใหญ่สุด 14x17 cmได้

4. ตัวรับภาพ (Image intensifier) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับรังสีเอกซ์ที่ผ่านตัวผู้ป่วยแล้วจะเกิดการเรืองแสงกลายเป็นภาพขึ้น มีโครงสร้างดังนี้

- อินพุทฟอสฟอรัส (input phosphor) เป็นชั้นที่ฉาบสารเรืองแสง โดยสารเรืองแสงที่นิยมใช้ เช่น ซีเซียมไอโอไดด์ สารแคลเซียมทังสเตน ซิงค์แคดเมียมซัลไฟด์ เมื่อได้รับรังสีเอกซ์จะทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานรังสีให้เป็นโฟตอนแสงที่สามารถมองเห็นได้ (visible light)

- โฟโตแคโทด (photocathode) เป็นชั้นที่อยู่ติดกับอินพุทฟอสฟอรัส โดยจะเป็นชั้นที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนโฟตอนแสงที่สามารถมองเห็นได้ให้กลายเป็นอิเล็กตรอน (photoelectron) ซึ่งกระบวนการเปลี่ยนแสงให้กลายเป็นอิเล็กตรอนดังกล่าวข้างต้นนั้น เรียกว่า photoemission และจะเรียกชั้นของโฟโตแคโทดนี้ว่า “พื้นผิวของโฟโตอิมิชชัน” โดยปริมาณของโฟโตอิเล็กตรอนนั้นจะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงที่ได้จากชั้นอินพุทฟอสฟอรัส
- เลนส์อิเล็กโตรสแตติก (electrostatic lens) ทำหน้าที่บีบลำอิเล็กตรอนให้แคบลงทำให้โฟโตอิเล็กตรอน มีความเข้มมากขึ้น โดยทั่วไปจะทำให้เกิดปริมาณโฟโตอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้นประมาณ 50-70 เท่า
- เอาท์พุทฟอสฟอรัส (output phosphor) ทำหน้าที่เสมือนฉากรับโฟโตอิเล็กตรอนและแสงที่สามารถมองเห็นได้ซึ่งมีภาพเหมือนกับอินพุทฟอสฟอรัส
- หลอดสุญญากาศหรือหลอดแวกคิวอัม (glass envelop tube) จะเป็นหลอดสุญญากาศที่บรรจุส่วนต่างๆของเครื่องเอกซเรย์ส่องตรวจทั้งหมด เพื่อไม่ให้ลำโฟโตอิเล็กตรอนเกิดการสูญเสียพลังงานจึงทำให้อยู่ในสภาพสุญญากาศ

5. กล้องโทรทัศน์และจอภาพแสดงผล (TV camera & display monitor) เป็นตัวกล้องแบบดิจิทัลชนิด CCD (charge couple device) มีความละเอียดของตัวกล้องไม่น้อยกว่า 14 bit และมีจำนวนความละเอียด pixels ไม่น้อยกว่า 1,000,000 pixels สามารถเก็บภาพลงระบบคอมพิวเตอร์ได้เร็วที่สุดไม่น้อยกว่า 15 ภาพต่อวินาทีที่ความละเอียดไม่น้อยกว่า 1024x1024 pixels, 12 bit ชุดคอมพิวเตอร์จอภาพแสดงผลสามารถควบคุมการทำงานแบบ window operating system แสดงหน้าจอเป็นแบบ Icon Display ทำให้ง่ายต่อการควบคุมโดยใช้ mouse และ keyboard มีความสามารถในการประมวลผลภาพ เช่น Last image hold (การค้างภาพชุดสุดท้ายเพื่อช่วยลดปริมาณรังสี), Rotation processing (สามารถหมุนภาพรอบจุดศูนย์กลางได้), window/level (การปรับความสว่างและความคมชัดของภาพ), Gray Scale function, Negative/positive image reversal (การเปลี่ยนภาพจากขาวเป็นดำ), Magnification (สามารถขยายภาพได้ไม่ต่ำกว่า 4 เท่า), Graphics (การใส่ตัวอักษร comment ลงบนภาพ x-ray), virtual collimator (สามารถปรับลำแสงเอกซเรย์ได้จากภาพ last image hold โดยไม่ต้องทำการยิงแสงเอกซเรย์ขณะทำการปรับภาพช่วยลดอันตรายจากรังสี) เป็นต้น

### ผลของรังสีที่เกิดขึ้นกับบุคคลที่ได้รับรังสี

เนื่องจากเครื่องส่องตรวจรังสีเกี่ยวข้องกับการใช้รังสีเอกซ์ในรูปของ Ionizing radiation ทำให้ในทุกระบวนการทาง fluoroscopic อาจทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของเจ้าหน้าที่และผู้ป่วยได้ โดยเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานด้านรังสีจะต้องได้รับปริมาณรังสี Effective dose เฉลี่ยในระยะเวลา 5 ปี ได้ไม่เกิน 20 mSv/yr<sup>(3)</sup> แต่ effective dose ในแต่ละปีจะต้องได้ไม่เกิน 50 mSv/yr และปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับมักจะขึ้นอยู่กับขนาดตัวของผู้ป่วยกับระยะเวลาของกระบวนการ โดยตัวอย่างของ skin dose rate อ้างอิงที่ 20-50 mGy/min. Expose time นั้นแตกต่างกันไปขึ้นกับกระบวนการที่ทำ แต่กระบวนการที่ใช้เวลา up to 75 นาที จะต้องมีการลงบันทึกไว้

ผลของรังสีที่มีต่อมนุษย์ตามข้อกำหนด International Commission on Radiation Protection (ICRP)<sup>(1)</sup> ได้แบ่งผลของรังสีที่ก่อให้เกิดอันตรายได้ 2 แบบ คือ

1. **Deterministic effects (Non-stochastic effect)** เป็นผลของรังสีที่ทำให้เซลล์ตาย โดยผลที่ได้รับจะมีความรุนแรง ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสี ถ้าปริมาณรังสีที่ได้รับเพิ่มมากขึ้น ความรุนแรงจะเพิ่มตาม เมื่อได้รับปริมาณรังสีอย่างต่อเนื่องปริมาณมากทำให้เซลล์ตายจำนวนมาก เป็นผลทำให้อวัยวะนั้นสูญเสียการทำงานหรือทำงานได้ไม่เต็มที่ Deterministic effects มีระดับ threshold limit กล่าวคือ ถ้าปริมาณรังสีที่ได้รับน้อยกว่าระดับ threshold dose จะไม่มีผลใดๆเกิดขึ้น แต่ถ้าปริมาณรังสีที่ได้รับถึงหรือเกินระดับ threshold dose ก็จะมีผลทางรังสีออกมา ซึ่งความรุนแรงของโรคจะขึ้นกับปริมาณรังสีตั้งที่กล่าวไปแล้ว ตัวอย่างการเกิด deterministic effects ได้แก่

#### การเกิดต้อกระจก(Cataracts)

ต้อกระจก คือ ภาวะที่เลนส์ของนัยน์ตาเกิดการขุ่น ซึ่งอาจรุนแรงจนมีผลต่อการมองเห็น ต้อกระจกมักพบในผู้สูงอายุ เนื่องจากพบว่ามี การตายและการสะสมของไฟเบอร์เซลล์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของเลนส์ นอกจากนี้ยังเกิดจากสาเหตุอื่นๆ เช่น การติดเชื้อเรื้อรังภายในลูกตา การบาดเจ็บของเลนส์ และโรคเกี่ยวกับความผิดปกติของเมตาโบลิซึมบางอย่าง ต้อกระจกที่เกิดจากรังสี จะไม่สามารถแยกออกจากต้อกระจกที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติและระยะเวลาที่เกิดต้อกระจก อาจจะหลังจากที่ได้รับรังสีเป็นเวลานานเป็นเดือนหรือหลายปี ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของรังสีโดยตรง เมื่อดวงตาได้รับรังสีเอกซ์ด้วยขนาดระหว่าง 2.2-6.5 Gy จะทำให้เกิดการขุ่นของเลนส์ แต่อาการไม่รุนแรงนัก ซึ่งอาจไม่มีผลหรือมีผลน้อยต่อการมองเห็น ส่วนใหญ่ความขุ่นของเลนส์มักคงที่ คือเป็น stationary opacity มีประมาณ 12% หากได้รับรังสีปริมาณสูงขึ้นในช่วงระหว่าง 6.5-11.5 Gy จะทำให้เกิด progressive opacity ขึ้นเป็นส่วนใหญ่ พบ stationary opacity มีเพียง 12%<sup>(1,6)</sup>

#### การได้รับบาดเจ็บทางผิวหนัง (Skin injury)

การได้รับบาดเจ็บทางผิวหนัง เป็น deterministic effects ที่สามารถเกิดได้บ่อยสุด ผิวหนังเป็นอวัยวะที่ไวต่อรังสีและเป็นบริเวณที่ถูกรังสีมากที่สุด เมื่อผิวหนังได้รับปริมาณรังสีถึงระดับ threshold dose จะทำให้เซลล์ผิวหนังตายเป็นจำนวนมาก และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยาอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งการได้รับบาดเจ็บที่ผิวหนังมักเกิดขึ้นในกระบวนการทางรังสีที่ใช้เวลานานและมีกระบวนการที่ซับซ้อน ดังนั้นการได้รับบาดเจ็บทางผิวหนังจึงเป็นปัญหาใหญ่ เพราะการวินิจฉัยทำได้ยาก เนื่องจากมีระยะแฝงในการเกิดค่อนข้างนาน โดยทั่วไป 2-3 อาทิตย์หลังจากได้รับรังสี การได้รับบาดเจ็บทางผิวหนังมี threshold dose ประมาณ 2 Gy ในการให้รังสีครั้งเดียว (single dose) แต่หากแบ่งให้หลายครั้งค่า threshold dose จะสูงขึ้น แบ่งชนิดของการได้รับบาดเจ็บทางผิวหนังและปริมาณรังสีที่ได้รับ ดังแสดงในตารางที่ 1

2. **Stochastic effects** เป็นผลทางรังสีอีกแบบหนึ่ง ซึ่ง stochastic effects ไม่มี threshold dose ซึ่งจะบอกถึงโอกาสการเกิดโรค ได้แก่ รังสีก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม และรังสีก่อให้เกิดมะเร็ง การเปลี่ยนแปลงทั้งสองชนิดจะไม่สามารถกำหนดปริมาณรังสีที่จะทำให้เกิดผลได้แน่นอน ตัวอย่าง เช่น มีประชากรสองกลุ่ม กลุ่ม 1 ได้รับรังสี ในขณะที่กลุ่ม 2 ไม่ได้รับรังสี จากการสำรวจทางสถิติจะพบว่าโอกาสที่กลุ่ม 1 จะเกิด stochastic effects มากกว่ากลุ่ม 2

ตารางที่ 1 ชนิดของการได้รับบาดเจ็บทางผิวหนังและปริมาณรังสีที่ได้รับใน 1 fraction

Effect	Threshold single dose (Gy)	Onset time
Early transient	2	hours
Temporary epilation	3	3 wk
Main erythema	6	
Permanent epilation	7	10 d
Dry desquamation	10	3 wk
Invasive fibrosis	10	4 wk
Dermal atrophy	11	-
Telangiectasis	12	>14 wk
Moist desquamation	15	>52 wk
Late erythema	15	6-10 wk
Dermal necrosis	18	>10 wk
Secondary ulceration	20	>10 wk

### The Annual Occupational Dose Limit <sup>(3)</sup>

มีการกำหนดปริมาณรังสีสูงสุดที่ยอมรับได้สำหรับเจ้าหน้าที่ โดยถือว่าปลอดภัยจากรังสี ถ้า Effective dose เฉลี่ยในระยะเวลา 5 ปี ได้ไม่เกิน 20 mSv/yr แต่ effective dose ในแต่ละปีจะต้องได้ไม่เกิน 50 mSv/yr และยังกำหนด dose equivalent สำหรับอวัยวะต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 The Annual Occupational Dose Limit ตามข้อกำหนดของ ICRP 60

Application Dose	Dose Limit (mSv/yr)	
	Occupational	Public
effective dose (whole body)	20	1
Annual equivalent dose in:		
Lens of eye	150	15
skin	500	50
Head and feet	500	-



## การควบคุมและป้องกันการได้รับรังสีจากภายนอกร่างกาย (External Radiation Control)

การป้องกันการได้รับรังสีจากภายนอกร่างกาย สามารถควบคุมได้ด้วย 3 หลักการ คือ เวลา ระยะทาง และวัสดุกำบัง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. **เวลา (time)** ในบริเวณที่มีอัตราการแผ่รังสี (dose rate) คงที่ ปริมาณรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ปฏิบัติงานในบริเวณนั้นโดยตรง ( $\text{dose} = \text{dose rate} \times \text{time}$ ) ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานควรใช้เวลาในการเกี่ยวข้องกับสารกัมมันตรังสีให้สั้นที่สุด

2. **ระยะทาง (distance)** โดยอาศัยหลัก Inverse square law มาใช้นั้นคือ dose rate (D) จะลดลงอย่างผกผันกับกำลังสองของระยะทาง (r) ที่ห่างจากแหล่งกำเนิดรังสี เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$D \propto 1/r^2$$

3. **วัสดุกำบัง (Shielding)** เป็นสิ่งที่ใช้ในการดูดกลืนปริมาณรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสี เพื่อป้องกันหรือลดปริมาณรังสีให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ส่วนวัสดุและความหนาที่ใช้เป็นวัสดุกำบังขึ้นอยู่กับ ชนิดของรังสีและพลังงานของรังสีซึ่งอาจมีอำนาจทะลุทะลวงต่างกัน เช่น

- **รังสีแอลฟา** ถูกดูดกลืนได้ง่ายมากด้วยกระดาษบางๆ 1 แผ่น ดังนั้นการใช้วัสดุกำบังรังสีแอลฟา จึงไม่ยุ่งยาก
- **รังสีเอกซ์** รังสีชนิดหนึ่งที่เราไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีช่วงคลื่นสั้นมาก คุณสมบัติคล้ายคลึงกับรังสีแกมมา คุณสมบัติพิเศษคือ มีอำนาจทะลุทะลวงผ่านวัตถุต่างๆได้มาก น้อยขึ้นอยู่กับความหนาที่บและน้ำหนักอะตอมของวัตถุที่มันผ่าน
- **รังสีเบต้า** มีอำนาจทะลุทะลวงมากกว่ารังสีแอลฟาในช่วงพลังงานปกติ ซึ่งจะเกิด secondary x - ray ที่เรียกว่า Bremsstrahlung x-ray ประมาณ ZE/3000 จากการที่รังสีเบต้าวิ่งผ่านตัวกลาง เมื่อ Z เป็นเลขอะตอมของวัสดุกำบัง และ E เป็นพลังงานรังสีแกมมา (MeV) ดังนั้นวัสดุกำบังสำหรับรังสีเบต้าควรสร้างด้วยวัสดุที่มีเลขอะตอมต่ำๆ เช่น aluminium หรือพลาสติก (perspex) เพื่อลดจำนวน Bremsstrahlung x - ray ที่ถูกปล่อยออกมา ต้องหลีกเลี่ยงในการใช้ตะกั่วหรือวัสดุที่มีความหนาแน่นสูง โดยทั่วไปรังสีเบต้าที่ใช้มีพลังงานในช่วง 1-10 MeV นิยมใช้พลาสติกหนาประมาณ 1 ซม. เป็นวัสดุกำบังซึ่งสามารถดูดกลืนรังสีเบต้าได้หมด เช่น Syringe shield
- **รังสีแกมมา** นิยมใช้ตะกั่วคอนกรีต หรือตะกั่วกับคอนกรีต ซึ่งความหนาของวัสดุที่ใช้ขึ้นอยู่กับพลังงานและอำนาจทะลุทะลวงของรังสีแกมมา โดยมักกล่าวกันในรูปแบบของHVLและTVL

HVL: Half Value layer คือ ความหนาของวัสดุกำบังเพื่อลดความเข้มของรังสีลงเป็นครึ่งหนึ่งของค่าเริ่มต้น ส่วน TVL: Tenth Value layer เป็นความหนาของวัสดุกำบังเพื่อลดความเข้มของรังสีลง 10เท่า ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการการดูดกลืนของรังสีดังนี้

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

โดย  $I = I_0/2$  สำหรับ  $x = \text{HVL}$  และ  $I = I_0/10$  สำหรับ  $x = \text{TVL}$

แทนลงในสมการข้างต้นจะได้  $\text{HVL} = 0.693/\mu$  และ  $\text{TVL} = 2.30/\mu$

โดยที่  $\mu$  คือ linear attenuation coefficient

ตารางที่ 3 แสดงตัวอย่างของค่าHVLและTVLสำหรับตะกั่วและน้ำที่พลังงานรังสีแกมมาต่างๆ

พลังงานรังสีแกมมา (MeV)	ตะกั่ว (mm) สำหรับ		น้ำ (mm) สำหรับ	
	HVL	TVL	HVL	TVL
0.5	4.0	12.5	150.0	500.0
1.0	11.0	35.0	190.0	625.0
1.5	15.0	50.0	200.0	700.0
2.0	19.0	60.0	225.0	750.0

**รังสี (Radiation)** <sup>(7)</sup> คือ พลังงานที่แผ่ออกมาจากต้นกำเนิดในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ได้แก่ คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ แสงสว่าง รังสีเอกซ์ และรังสีคอสมิก หรือลักษณะของอนุภาคที่มีความเร็วสูง เช่น แอลฟา และ เบต้า เป็นต้น

#### รังสีกระเจิง (Scatter radiation)

รังสีกระเจิง หมายถึง รังสีที่เป็นผลจากอันตรกิริยา (Interaction) กับวัตถุและเบี่ยงเบนไปจากเส้นทางเริ่มต้นของมัน <sup>(8)</sup> การกระจัดกระจายของรังสี เป็นกระบวนการทางฟิสิกส์อย่างหนึ่งที่อนุภาคที่เคลื่อนที่ได้ ถูกบังคับให้เบี่ยงเบนไปจากวิถีทางตรงไปหนึ่งเส้นทางหรือมากกว่าหนึ่งเส้นทางเนื่องจากการไม่สม่ำเสมอ (Non-uniformities) ในตัวกลางที่พวกมันเดินทางผ่านไป หรือการเบี่ยงเบนของรังสีที่สะท้อนจากมุมที่คาดการณ์ไว้ตามกฎของการสะท้อน หรืออาจเกิดจากการชนกันของอนุภาคกับอนุภาคอีกด้วย เช่น ระหว่างโมเลกุลด้วยกัน ระหว่างอะตอมด้วยกัน อิเล็กตรอนด้วยกัน โฟตอนด้วยกัน

การวัดปริมาณรังสีด้วยเครื่องวัดรังสี ได้แก่ เครื่องสำรวจรังสี เครื่องบันทึกรังสีประจำตัวบุคคล เครื่องวัดรังสีประจำตัวบุคคลชนิดเตือนภัย และเครื่องตรวจวัดรังสีประจำที่

เครื่องสำรวจรังสี (Survey meter model) เป็นเครื่องตรวจหารังสีที่ใช้แบตเตอรี่ สะดวกต่อการพกพา เป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก กะทัดรัด น้ำหนักไม่มาก สามารถถือเดินสำรวจไปมาได้ ใช้สำหรับตรวจหาและวัดรังสีว่า บริเวณนั้นมีระดับรังสี หรือปริมาณรังสีเท่าไร และใช้วัดดูการเปื้อนสารกัมมันตรังสีตามที่ต่างๆ และตามร่างกายเราด้วย การตรวจวัดปริมาณรังสีกระเจิงด้วยเครื่องสำรวจรังสี (Survey meter model) ค่าปริมาณรังสีที่อ่านได้จากเครื่องสำรวจรังสีจะมีหน่วยเป็น ไมโครซีเวิร์ตต่อชั่วโมง ( $\mu\text{Sv/hr}$ ) ซึ่งสามารถนำค่าที่ได้มาหาค่าปริมาณรังสีกระเจิงคำนวณตามสมการ ดังนี้

$$\text{Scatter radiation dose} = \frac{X (\mu\text{Sv}) \times \text{Workload (mA.min/week)}}{\text{mA} \times 60 (\text{min})}$$

เมื่อ X = อัตราปริมาณรังสีที่วัดได้ ( $\mu\text{Sv/hr}$ )

หน่วยซีเวิร์ต (Sv) เป็นหน่วยของปริมาณรังสีสมมูล (Equivalent dose) และหน่วยเกรย์ (Gy) เป็นหน่วยของปริมาณรังสีดูดกลืน (Absorbed dose) จึงนำค่าที่คำนวณได้ในหน่วยไมโครซีเวิร์ต ( $\mu\text{Sv}$ ) เปลี่ยนเป็นหน่วยไมโครเกรย์ ( $\mu\text{Gy}$ ) โดย  $1 \text{ Sv} = 1\text{Gy}$ <sup>(9)</sup>

### การประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสี

การตรวจวินิจฉัยโรคด้วยเครื่องเอกซเรย์ไม่ว่าจะเป็นเครื่องตรวจชนิดใด จะเกิดรังสีกระเจิง (Scatter radiation) ออกมาเสมอ ในปี พ.ศ. 2547 มีการสร้างอุปกรณ์ป้องกันรังสีเฉพาะรอบหลอดเอกซเรย์และรอบบริเวณเตียง มีข้อเสนอแนะว่าขณะทำการฉายรังสีผ่านผู้ป่วยมากระทบตัวรับภาพและมีรังสีกระเจิงออกมาทำให้บุคลากรที่ทำงานในบริเวณนั้นๆมีโอกาสได้รับปริมาณรังสี เพื่อเป็นการลดการกระจายของปริมาณรังสีกระเจิงที่ออกมาลงอีก จึงเกิดแนวคิดที่จะประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันรังสี<sup>(10)</sup>

### การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพชรกรร หาญพานิชย์และคณะ (2548)<sup>(10)</sup> ศึกษาการประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันรังสีรอบตัวรับภาพของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปชนิดซีอาร์เอ็มในห้องผ่าตัดและส่องตรวจอวัยวะภายใน โรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อลดปริมาณรังสีที่บุคลากรจะได้รับในขณะที่ปฏิบัติงาน โดยออกแบบและสร้างอุปกรณ์ป้องกันรังสีรอบตัวรับภาพ จากเสื่อตะกั่ววางป้องกันรังสีที่ชำรุด ทดสอบประสิทธิภาพอุปกรณ์ โดยทดสอบการกับังรังสีของแผ่นตะกั่ววาง และวัดปริมาณรังสีกระเจิงในตำแหน่งและระยะทางต่างๆรอบตัวรับภาพ โดยเปรียบเทียบปริมาณรังสีก่อนและหลังการติดตั้งแนวตะกั่วป้องกันรังสี พบว่า ประสิทธิภาพการกับังรังสีของแผ่นตะกั่ววาง ด้วยฉายรังสีผ่านแผ่นตะกั่ววางด้วยเทคนิค 70 - 90 kVp 1 mA 15 วินาที พบว่าบริเวณด้านหน้าแผ่นยางตะกั่วมีรังสีตั้งแต่ 1.63 - 2.95 mR บริเวณด้านหลังแผ่นตะกั่ววางวัดปริมาณรังสีไม่ได้ เนื่องจากมีรังสีน้อยมาก ผลการเปรียบเทียบปริมาณรังสีก่อนและหลังใช้อุปกรณ์ป้องกันรังสีรอบตัวรับภาพ พบว่า หลังการติดตั้งอุปกรณ์มีปริมาณรังสีลดลงในตำแหน่งและระดับองศาต่างๆเฉลี่ยร้อยละ 84.67 (สูงสุดลดลงร้อยละ 98.67 ต่ำสุดร้อยละ 71.83 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 9.23) แสดงว่า เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันรังสีช่วยให้สามารถลดปริมาณรังสีกระเจิงรอบบริเวณใกล้เคียงตัวรับภาพลงได้

จิราพร การุญ และ วัลลภา เพชรวงศ์ (2552)<sup>(11)</sup> ศึกษาการวัดการกระจายของรังสีกระเจิงจากเครื่องฟลูออโรสโคปชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้ระบบควบคุมความสว่างภาพอัตโนมัติ พบว่า ปริมาณรังสีกระเจิงสูงสุดที่ตำแหน่งชิดขอบกึ่งกลางเตียง ทั้งที่ระดับความสูงจากพื้น 90 และ 145 ซม.

เพชรกรร หาญพานิชย์ และ อรณุช บุญลือ (2548)<sup>(12)</sup> ศึกษาการประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันรังสีจากวัสดุที่เลิกใช้งาน เช่น Half shields, Thyroid shields วัสดุประสงค์เพื่อนำวัสดุมา recycle ประดิษฐ์เป็นอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสี ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์ ผลการศึกษาพบว่า อุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นสามารถป้องกันอันตรายจากรังสีได้

### บทที่ 3

#### การดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) โดยการประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) ติดตั้งอยู่ที่ห้องตรวจพิเศษทางรังสี กลุ่มงานรังสีวิทยา สถาบันบำราศนราดูร เพื่อลดปริมาณรังสีกระเจิงที่เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานจะได้รับขณะทำการถ่ายภาพรังสี และทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัลชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ โดยใช้รังสีพลังงานคงที่ 97 kilovoltage peak (kVp) 2.5 milliamperere (mA) ผู้วิจัยได้ทำการวัดปริมาณรังสีกระเจิงก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ด้วยเครื่องสำรวจรังสีร่วมกับการใช้หุ่นจำลองที่ตำแหน่งต่างๆรอบเตียงเอกซเรย์ จำนวน 7 ตำแหน่ง ที่ระดับความสูงจากพื้น 2 ระดับ คือ 90 และ 145 เซนติเมตร ซึ่งเทียบได้กับตำแหน่งของ Gonad และ Thyroid ของคนสูง 170 เซนติเมตร

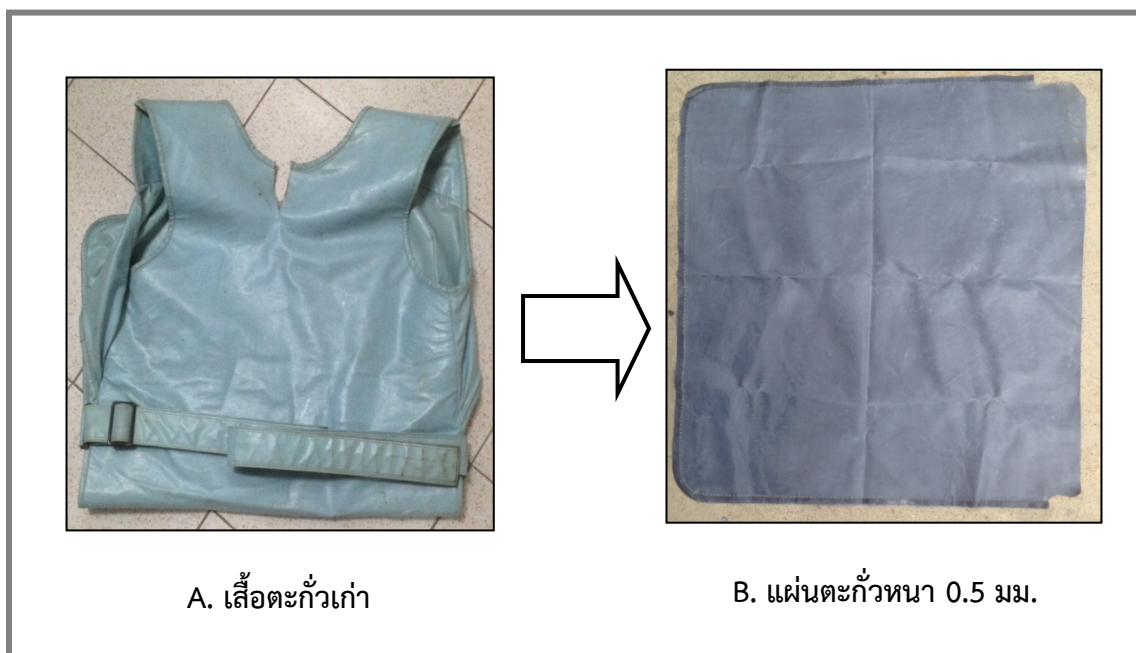
#### เครื่องมือวิจัย

1. เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) ผลิตภัณฑ์ของ Toshiba รุ่น KXO-50XM Serial Number: K2D0912939 อัตรากำลัง: 150 kilovoltage peak (kVp) 630 milliamperere (mA) ผลิตโดยบริษัท Toshiba medical systems corporation ประเทศญี่ปุ่น ผ่านการตรวจสอบเกณฑ์มาตรฐานโดยศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 6 จังหวัดชลบุรี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข หมายเลขวิเคราะห์ 3261002977 รายงานผลการตรวจวิเคราะห์ ลงวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2561 ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัลชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) ยี่ห้อ Toshiba รุ่น KXO-50XM Serial Number: K2D0912939

2. อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสี เป็นอุปกรณ์ซึ่งประดิษฐ์ขึ้นจากเสื้อตะกั่วเก่า เทียบเท่ากับแผ่นตะกั่วที่มีความหนา 0.5 มิลลิเมตร (มม.) ซึ่งชัยวัฒน์ เจริญเกียรติกุลและคณะ<sup>(5)</sup> แนะนำไว้สำหรับเครื่องเอกซเรย์แบบฟลูออโรสโคปี นำมาตัดให้ได้ขนาด 40x120 เซนติเมตร (ซม.) เสริมความแข็งแรงด้วยโครงเหล็กตัดรองรับเสื้อตะกั่วเก่าที่ตัดให้ได้ขนาดดังกล่าวแล้วหุ้มด้วยแผ่นหนังเทียม แล้วนำไปติดตั้งรอบหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ดังภาพที่ 3-4

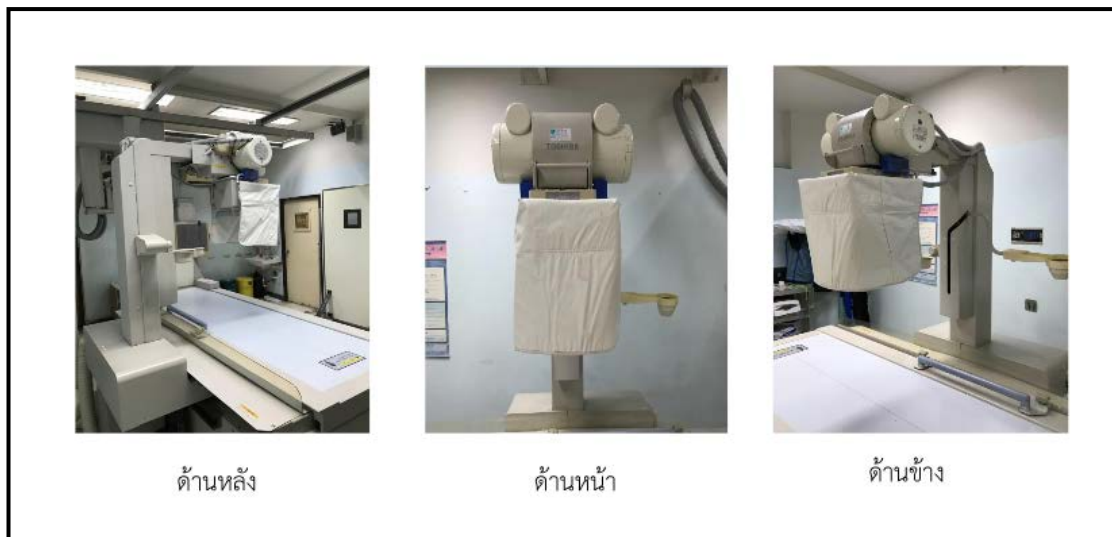
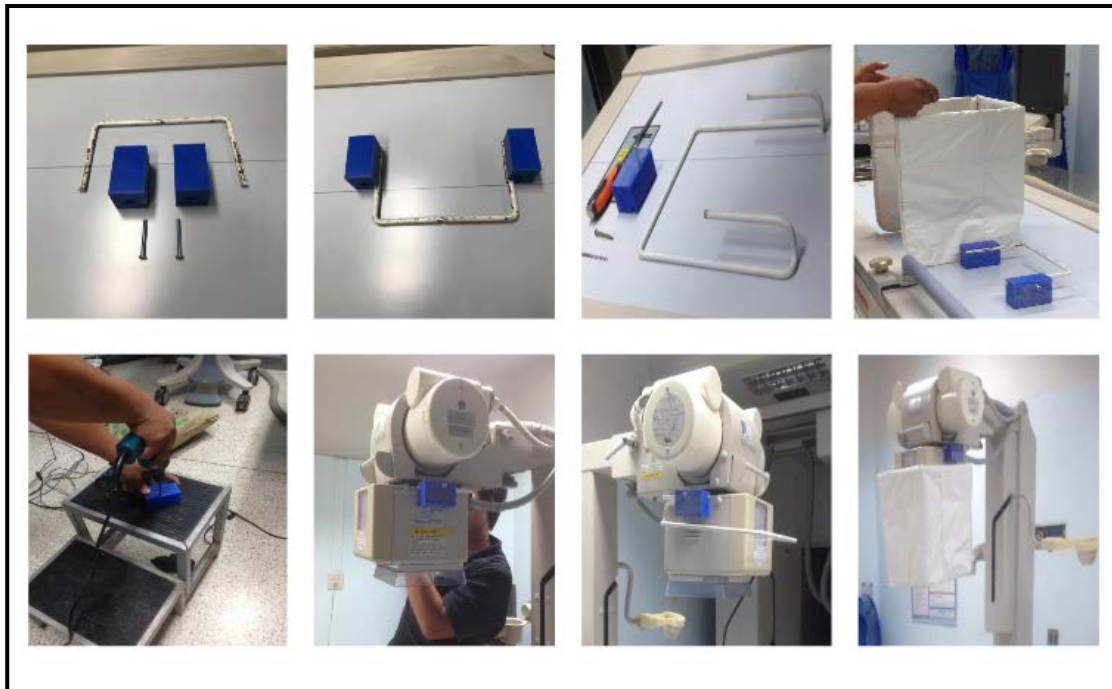


A. อุปกรณ์ป้องกันฯ (มุมมองด้านข้าง)



B. อุปกรณ์ป้องกันฯ (มุมมองด้านบน)

ภาพที่ 3 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัลชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ



ภาพที่ 4 การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัลชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ

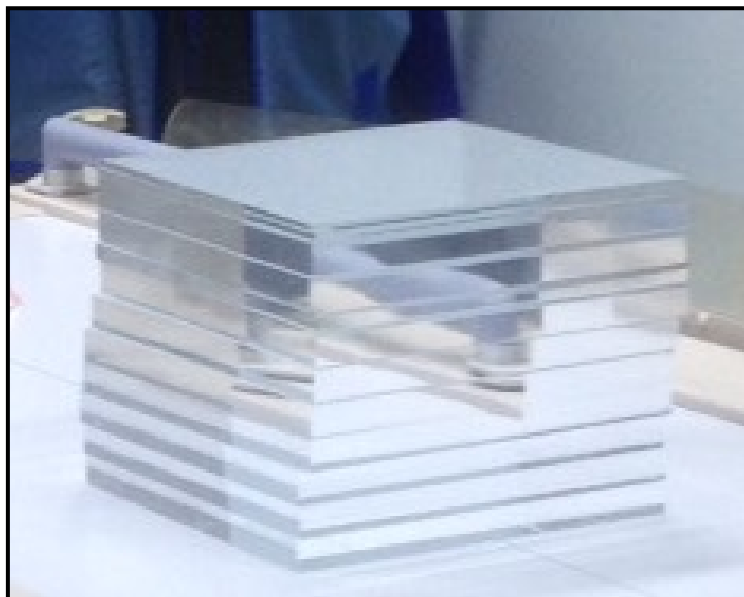


3. เครื่องสำรวจรังสี (Survey meter model) ผลิตภัณฑ์ของ Fluke รุ่น 451P-DE-SI-RYR Serial Number: 6608 ผลิตโดยบริษัท Fluke Biomedical ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้รับการสอบเทียบจากห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องวัดรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 เครื่องสำรวจรังสี (Survey meter model) ยี่ห้อ Fluke รุ่น 451P-DE-SI-RYR S/N: 6608

4. หุ่นจำลอง (Phantom): PMMA phantom ขนาด 240x240 มม. ความหนา 200 มม. (เทียบเท่าผู้ป่วยขนาดความหนา 20 ซม.) ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 หุ่นจำลอง (Phantom): PMMA phantom ขนาด 240x240 มม. ความหนา 200 มม.

## ขั้นตอนการวิจัย

ขั้นที่ 1 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสี โดยการประดิษฐ์ขึ้นจากลื้อตะกั่วเก่า เทียบเท่ากับแผ่นตะกั่วที่มีความหนา 0.5 มิลลิเมตร (มม.) มาตัดให้ได้ขนาด 40x120 เซนติเมตร (ซม.) ตรวจสอบไม่มีรอยแตกหัก ฉีกขาด หรือ Radiation leakage เสริมความแข็งแรงด้วยโครงเหล็กดัดรองรับลื้อ ตะกั่วเก่าที่ตัดให้ได้ขนาดดังกล่าวแล้วหุ้มด้วยแผ่นหนังเทียม แล้วนำไปติดตั้งรอบหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ดังภาพที่ 3 และ ภาพที่ 4

ขั้นที่ 2 กำหนดตำแหน่งที่จะเก็บข้อมูลปริมาณรังสีกระเจิงรอบๆเตียงเอกซเรย์ โดยทำสัญลักษณ์ไว้ที่ พื้นห้องทั้งหมด 7 ตำแหน่ง (A, B, C, D, E, F, G) ดังภาพที่ 7 และ ภาพที่ 8

ขั้นที่ 3 เก็บข้อมูลก่อนติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสี โดยทำการวัดปริมาณรังสีกระเจิงที่กำหนดไว้ทั้ง 7 ตำแหน่ง โดยวัดทีละตำแหน่งๆละ 10 ครั้ง และบันทึกค่าปริมาณรังสีกระเจิงที่ได้ในแต่ละ ตำแหน่งจนครบทุกตำแหน่ง ดังภาพที่ 9 (ขั้นตอนที่ 5) ในภาคผนวก

ขั้นที่ 4 ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) แล้วเก็บข้อมูลการ วัดปริมาณรังสีกระเจิงที่กำหนดไว้ทั้ง 7 ตำแหน่ง โดยวัดทีละตำแหน่งๆละ 10 ครั้ง และบันทึกค่าปริมาณรังสี กระเจิงที่ได้ในแต่ละตำแหน่งจนครบทุกตำแหน่ง ดังภาพที่ 9 (ขั้นตอนที่ 5) ในภาคผนวก

ขั้นที่ 5 รวบรวมข้อมูล ประมวลผล วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าปริมาณรังสีกระเจิง ก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) โดยใช้วิธีการทางสถิติ และสรุปผล

## การกำหนดตำแหน่ง

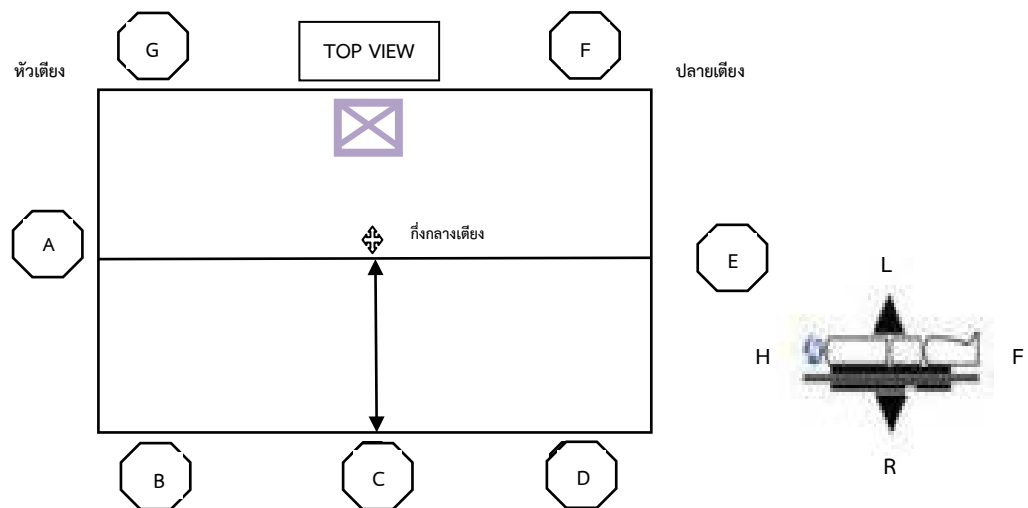
กำหนดตำแหน่งที่จะทำการวัดปริมาณรังสีกระเจิงรอบๆเตียงเอกซเรย์ โดยทำสัญลักษณ์ไว้ที่พื้นห้อง ทั้งหมด 7 ตำแหน่ง ซึ่งแต่ละตำแหน่งอ้างอิงจากตำแหน่งในการปฏิบัติงานจริง ดังภาพที่ 7 และ ภาพที่ 8 โดย ตำแหน่งหุ่นจำลองและหลอดเอกซเรย์อยู่กึ่งกลางเตียง ความหนาของหุ่นจำลองและความสูงของหลอด เอกซเรย์ (Source to Image Distance: SID) คงที่ 200 มม. และ 114 ซม. ตามลำดับ จัดเตรียมชุดอุปกรณ์ การวัดซึ่งประกอบด้วยเครื่องสำรวจรังสี (Survey meter model) ยี่ห้อ Fluke รุ่น 451P-DE-SI-RYR S/N: 6608 และอ่านผล โดยจัดเตรียมชุดอุปกรณ์ที่ 2 ระดับ คือ ที่ระดับสูงจากพื้น 90 และ 145 ซม. เทียบได้กับ ตำแหน่งของ Gonad และ Thyroid ของคนสูง 170 ซม. ซึ่งเป็นตำแหน่งของอวัยวะที่มีความไวต่อรังสีสูง<sup>(5,6,11)</sup> ทำการจัดเตรียมทีละระดับ

การกำหนดตำแหน่งการวัดปริมาณรังสีกระเจิงทั้ง 7 ตำแหน่ง และระยะห่างจากจุดกึ่งกลางหลอด เอกซเรย์ ไปยังเครื่องสำรวจรังสีที่ระดับความสูงจากพื้น 90 และ 145 ซม.(อ้างอิงจากตำแหน่งในการปฏิบัติงาน จริง) ดังแสดงในตารางที่ 4



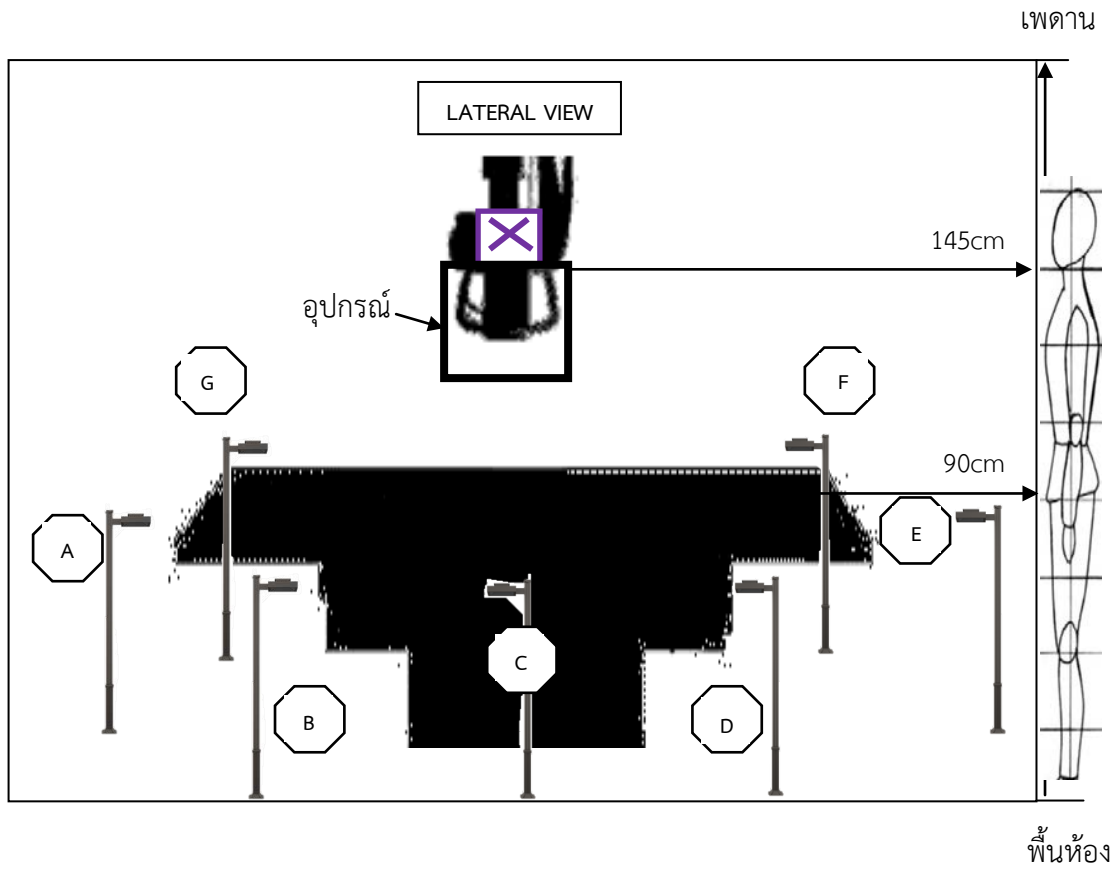
ตารางที่ 4 ระยะห่างจากจุดกึ่งกลางหลอดเอกซเรย์ไปยังเครื่องสำรวจรังสี ที่ระดับความสูงจากพื้น 90 และ 145 ซม.

ลำดับ	ตำแหน่ง	ระยะห่างจากจุดกึ่งกลางหลอดเอกซเรย์ไปยังเครื่องสำรวจรังสี (ชม.)	
		ระดับความสูงจากพื้น 90 ซม.	ระดับความสูงจากพื้น 145 ซม.
1	A (หัวเตียง)	130	103
2	B (หัวเตียงด้านขวา)	110	88
3	C (กลางเตียงด้านขวา)	85	50
4	D (ปลายเตียงด้านขวา)	120	103
5	E (ปลายเตียง)	150	131
6	F (ปลายเตียงด้านซ้าย)	130	113
7	G (หัวเตียงด้านซ้าย)	110	89




ภาพที่ 7 แสดงมุมมองตำแหน่งในการวัดปริมาณรังสีกระเจิงทั้ง 7 ตำแหน่ง (มุมมองด้านบน)





ภาพที่ 8 มุมมองตำแหน่งในการวัดปริมาณรังสีกระเจิงทั้ง 7 ตำแหน่ง (มุมมองด้านข้าง)

ให้สัญลักษณ์  แทนในตำแหน่งหลอดเอกซเรย์

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

การวิจัยกึ่งทดลอง (Quasai-experimental research) โดยการประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอกหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) ติดตั้งอยู่ที่ห้องตรวจพิเศษทางรังสี กลุ่มงานรังสีวิทยา สถาบันบำราศนราดูร เพื่อลดปริมาณรังสีกระเจิงที่เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานจะได้รับขณะทำการถ่ายภาพรังสี และทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอกหลอดเอกซเรย์ ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัลชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ

จากการทดลองตามขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ในการเปลี่ยนแปลงเทคนิคต่างๆที่ได้ปรากฏผลการวัดปริมาณรังสีจำนวน 10 ครั้งตามตำแหน่งต่างๆ ที่กำหนดไว้ในวันนั้น พบว่า ในแต่ละตำแหน่ง มีค่าปริมาณรังสีเท่ากันเกือบทุกครั้ง ทั้งนี้เนื่องจากความเที่ยงตรง (Accuracy) ของเครื่องสำรวจรังสี Fluke รุ่น 451P-DE-SI-RYR จะมีความเที่ยงตรงสูงมาก เมื่อทำการวัดเกิน 8 วินาที ซึ่งในการทดลองนี้ได้ตั้งค่าเวลาในการให้รังสี (Fluoroscopy) เท่ากับ 10 วินาที ดังข้อมูลแสดงการวัดค่าปริมาณรังสีในภาคผนวก

ด้วยเหตุที่ ค่าที่วัดได้นั้น แทบจะไม่มี ความแตกต่างกันเลย จึงไม่จำเป็นที่จะต้องทดสอบทางสถิติ เพื่อสรุปผลว่า จะไม่ยอมรับ (reject) สมมติฐานหลัก ( $H_0$ ) แล้วยอมรับ สมมติฐานทางเลือก ( $H_a$ ) หรือไม่ เนื่องจากข้อมูลแสดงอย่างชัดเจนว่ามีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Data analysis ของ EXCEL 2010 ใช้สถิติบรรยาย (Descriptive statistic) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีแต่ละตำแหน่งโดยใช้ ร้อยละ ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพียงอย่างเดียว

### ผลการศึกษา

การประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอกหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) ยี่ห้อ Toshiba รุ่น KXO-50XM ติดตั้งอยู่ที่ห้องตรวจพิเศษทางรังสี กลุ่มงานรังสีวิทยา สถาบันบำราศนราดูร และทดสอบประสิทธิภาพอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีโดยการวัดปริมาณรังสีกระเจิงก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอกหลอดเอกซเรย์จำนวน 7 ตำแหน่ง ที่ระดับความสูงจากพื้น 90 ซม. พบว่า หลังติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีที่ประดิษฐ์ขึ้นค่าปริมาณรังสีกระเจิงแต่ละตำแหน่งลดลงตั้งแต่ร้อยละ 5.26 ถึง 16.15 โดยตำแหน่งที่ปริมาณรังสีกระเจิงลดลงมากที่สุดคือ ตำแหน่ง C (กลางเตียงด้านขวา) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณรังสีกระเจิงก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์  
ที่ระดับความสูงจากพื้น 90 ซม. จำนวน 7 ตำแหน่ง

ปริมาณรังสีกระเจิงระดับความสูงจากพื้น 90 ซม. (mGy/week)						
ตำแหน่ง	ก่อนติดตั้งอุปกรณ์		หลังติดตั้งอุปกรณ์		ปริมาณรังสีที่ลดลง	
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	(mGy/week)	ร้อยละ ของความแตกต่าง*
A	1.25	0	1.10	0	0.15	12.00
B	1.55	0	1.45	0	0.1	6.45
C	6.50	0	5.45	0.01	1.05	16.15
D	1.34	0.02	1.20	0	0.14	10.44
E	0.795	0.01	0.70	0	0.09	11.94
F	0.95	0	0.90	0	0.05	5.26
G	1.25	0	1.25	0	0.0	0.00

$$* \text{ ร้อยละของความแตกต่าง} = \left[ \frac{\text{ปริมาณรังสีก่อนติดตั้ง} - \text{ปริมาณรังสีหลังติดตั้ง}}{\text{ปริมาณรังสีก่อนติดตั้ง}} \right] \times 100$$

ส่วนการวัดปริมาณรังสีกระเจิงก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์จำนวน 7 ตำแหน่งที่ระดับความสูงจากพื้น 145 ซม. พบว่า หลังติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีที่ประดิษฐ์ขึ้น ค่าปริมาณรังสีกระเจิงแต่ละตำแหน่งลดลง ตั้งแต่ร้อยละ 1.86 ถึง 11.76 โดยตำแหน่งที่ปริมาณรังสีกระเจิงลดลงมากที่สุด คือ ตำแหน่ง C (กลางเตียงด้านขวา) ดังแสดงในตารางที่ 6

**ตารางที่ 6** ปริมาณรังสีกระเจิงก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ที่ระดับความสูงจากพื้น 145 ซม.จำนวน 7 ตำแหน่ง

ปริมาณรังสีกระเจิงระดับความสูงจากพื้น 145 ซม. (mGy/week)						
ตำแหน่ง	ก่อนติดตั้งอุปกรณ์		หลังติดตั้งอุปกรณ์		ปริมาณรังสีที่ลดลง	
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	(mGy/week)	ร้อยละของความแตกต่าง*
A	1.75	0	1.55	0	0.20	11.42
B	2.46	0.02	2.20	0	0.26	10.56
C	8.50	0	7.50	0	1.00	11.76
D	1.80	0	1.60	0	0.20	11.11
E	1.05	0	0.95	0	0.10	9.52
F	1.30	0	1.25	0	0.05	3.84
G	2.135	0.02	2.10	0	0.03	1.86

$$* \text{ ร้อยละของความแตกต่าง} = \left[ \frac{\text{ปริมาณรังสีก่อนติดตั้ง} - \text{ปริมาณรังสีหลังติดตั้ง}}{\text{ปริมาณรังสีก่อนติดตั้ง}} \right] \times 100$$

## บทที่ 5

### การสรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัลชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ พบว่า ปริมาณรังสีกระเจิงที่ระดับความสูงจากพื้น 90 ซม. มีค่าร้อยละความแตกต่างของปริมาณรังสีที่ลดลงมากที่สุด เท่ากับ 16.15 ที่ตำแหน่ง C รองลงมา คือ ตำแหน่ง A, E, D, B และ F เท่ากับร้อยละ 12.00, 11.94, 10.89, 6.45 และ 5.26 ตามลำดับ ตำแหน่ง C นั้น เป็นตำแหน่งกลางเตียงขวาที่พบว่า มีค่าร้อยละความแตกต่างของปริมาณรังสีกระเจิงลดลงมากที่สุด เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่มีระยะห่างจากจุดกึ่งกลางของหลอดเอกซเรย์ไปยังเครื่องสำรวจรังสีใกล้ที่สุด คือ 85 ซม. ดังนั้นปริมาณรังสีกระเจิงจึงมีค่าสูงสุด และถูกลดทอนลงจากอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นมากที่สุดด้วย ส่วนที่ตำแหน่ง G พบว่า ค่าร้อยละความแตกต่างของปริมาณรังสีกระเจิงเป็นศูนย์ เนื่องจากอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีที่ประดิษฐ์ขึ้นไม่ห่อหุ้มด้านหลัง (ภาพที่ 4) ทำให้ปริมาณรังสีกระเจิงไม่ถูกกั้นด้วยอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้น

ส่วนปริมาณรังสีกระเจิงที่ระดับความสูงจากพื้น 145 ซม. มีค่าร้อยละความแตกต่างของปริมาณรังสีกระเจิงที่ลดลงมากที่สุด คือ ที่ตำแหน่ง C เท่ากับ 11.76 รองลงมา คือ ที่ตำแหน่ง A, D, B, E, F และ G เท่ากับร้อยละ 11.42, 11.11, 10.56, 9.52, 3.46 และ 1.86 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าที่ตำแหน่ง F และ G มีค่าร้อยละความแตกต่างของปริมาณรังสีกระเจิงลดลงน้อยที่สุด ซึ่งมีสาเหตุจากอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีที่ประดิษฐ์ขึ้นไม่ห่อหุ้มด้านหลังเช่นเดียวกัน

ส่วนตำแหน่ง C มีค่าร้อยละความแตกต่างของปริมาณรังสีกระเจิงลดลงมากที่สุด เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่มีระยะห่างจากจุดกึ่งกลางของหลอดเอกซเรย์ไปยังเครื่องสำรวจรังสีใกล้ที่สุด คือ 50 ซม. ดังนั้นปริมาณรังสีกระเจิงจึงมีค่าสูงสุด และถูกลดทอนลงจากอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นมากที่สุดด้วยเช่นเดียวกับการวัดปริมาณรังสีกระเจิงที่ระดับความสูงจากพื้น 90 ซม. สอดคล้องกับจิราพร การุญและวัลลภา เพชรวงศ์<sup>(11)</sup> ที่ศึกษาการวัดการกระจายของรังสีกระเจิงจากเครื่องฟลูออโรสโคปีชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้ระบบควบคุมความสว่างภาพอัตโนมัติ พบว่า ปริมาณรังสีกระเจิงสูงสุดที่ตำแหน่งชิดขอบกึ่งกลางเตียงทั้งที่ระดับความสูงจากพื้น 90 และ 145 ซม.

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสีกระเจิงจากตำแหน่ง A (หัวเตียง) กับ E (ปลายเตียง) ทั้งสองระดับความสูงจากพื้น พบว่า ที่ตำแหน่ง A มีค่าปริมาณรังสีกระเจิงลดลงมากกว่าที่ตำแหน่ง E เนื่องจากที่ตำแหน่ง E มีระยะห่างจากจุดกึ่งกลางหลอดเอกซเรย์ไปยังเครื่องสำรวจรังสีมากกว่า

จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) ที่ประดิษฐ์ขึ้นจากเสื่อตะกั่วเก่า เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์และทดสอบประสิทธิภาพโดยการวัดปริมาณรังสีกระเจิงก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้น พบว่า อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีนี้ช่วยลดปริมาณรังสีกระเจิงที่เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานจะได้รับขณะทำการถ่ายภาพรังสีได้จริง โดยปริมาณรังสีกระเจิงลดลงมากที่สุดที่ตำแหน่งกลางเตียงด้านขวา จะทำให้เจ้าหน้าที่ระมัดระวังตนเองในการปฏิบัติงาน ณ ตำแหน่งต่างๆมากขึ้น อีกทั้งสนับสนุนการนำวัสดุหรืออุปกรณ์ที่ไม่ได้ใช้งานแล้วมาประดิษฐ์เป็นอุปกรณ์ใหม่<sup>(10,12)</sup> สามารถใช้ประโยชน์ได้จริง

## ประโยชน์ที่ได้รับและการพัฒนาต่อ

1. สามารถช่วยประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อครุภัณฑ์การแพทย์ที่มีราคาแพง เพราะเป็นการนำวัสดุอุปกรณ์ที่ไม่ได้ใช้งานแล้ว มาประดิษฐ์เป็นอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการลดปริมาณรังสีกระเจิงได้จริง

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัลชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ พบว่า สามารถลดปริมาณรังสีกระเจิงได้ในทุกตำแหน่งที่เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานจริง แต่ข้อควรปฏิบัติเบื้องต้น คือ ยังต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันพื้นฐาน เช่น เสื้อตะกั่ว ไธรอยด์ซิลด์ แวนตากันรังสี เป็นต้น อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยอื่นๆ เช่น เรื่องระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน โดยการลดระยะเวลาการปฏิบัติงานและการหมุนเวียนเจ้าหน้าที่เข้าปฏิบัติงาน เพราะปริมาณรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ปฏิบัติงานในบริเวณนั้นโดยตรง ดังนั้นเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน ควรใช้เวลาในการเกี่ยวข้องกับรังสีให้สั้นที่สุด

3. การสร้างนวัตกรรมการประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัลชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัตินี้ จะช่วยกระตุ้นการสร้างแนวความคิดในการพัฒนางานหรือต่อยอดงานแก่ผู้ปฏิบัติงานอื่นๆ

4. การพัฒนาต่อยอดนวัตกรรม สามารถทำการศึกษาค้นคว้าโดยเลือกใช้เสื้อตะกั่วที่มีน้ำหนักเบา แต่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณรังสีกระเจิงได้ เมื่อนำมาประกอบติดตั้งทำให้สามารถเพิ่มขนาดของอุปกรณ์ได้

## ข้อจำกัดการศึกษา

1. การศึกษาครั้งนี้พบว่าการประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) จากเสื้อตะกั่วเก่ามีประสิทธิภาพสามารถลดปริมาณรังสีกระเจิงได้ แต่มีข้อจำกัดไม่สามารถเพิ่มขนาดของอุปกรณ์ได้เนื่องจากมีน้ำหนักมาก

2. ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง (Over-table x-ray tube) ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control: AEC) ซึ่งอาจทำการศึกษาซ้ำโดยเพิ่มจำนวนสถานที่ศึกษาที่มีเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัลชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติมากขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

1. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Radiation Protection. Publication No.57. Oxford: Pergamon Press; 1997.
2. Bushberg JT, Seibert JA, Leidholdt EM, Boone JM. The essential physics of medical imaging: 2<sup>nd</sup> ed. Fluoroscopy. California: Lippincott Williams & Wilkins; 2002: 248-273.
3. Martin A, Harbison SA. The external radiation hazard. 4<sup>th</sup> ed. London: Chapman & Hall medical; 1996: 76-82.
4. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.เจ้าหน้าที่ใช้เครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปปีนานเสี่ยงรับรังสีสูงอาจเป็นมะเร็งได้.2557.[สืบค้น 8 ส.ค. 2561]; เข้าถึงได้ที่: URL: <https://www.hfocus.org /content /2014 /03/6701>
5. ชัยวัฒน์ เขิดเกียรติกุล, ภัชภิษา แสงจันทร์ และสุพรรณณี ลิอุ้มงค์. การดูแลรักษาและอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีในงานรังสีวินิจฉัย.วารสารรังสีวิทยาศิริราช.2558; 2(1): 55-63
6. มหาวิทยาลัยมหิดล.แนวปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางรังสี.2555. [สืบค้น 25 ต.ค. 2561]; เข้าถึงได้ที่: URL: <https://www.mahidol.ac.th/sustainable/pdf/Radiation-Safety.pdf>
7. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. เครื่องวัดรังสี. [สืบค้น 20 ต.ค. 2561]; เข้าถึงได้ที่: URL: [http://www.ned.egat.co.th/index.php?option=com\\_content&view=article&id=117&Itemid=200](http://www.ned.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=117&Itemid=200)
8. มหาวิทยาลัยมหิดล.Radiation Protection.2561. [สืบค้น 5 ม.ค. 2562]; เข้าถึงได้ที่: URL: <https://med.mahidol.ac.th/radiology/sites/default/files/public/training/Protection2018.pdf>
9. NCRP Report No.147. Structural shielding design for medical X-ray imaging facilities. Bethesda, MD: National council on Radiation Protection and Measurements; 2004.
10. เพชรกร หาญพานิชย์, สมศักดิ์ สุภมาตย์, ชลธิชา เขียนนิลศิริ, วุฒิศักดิ์ บุญผ่องเสถียรและสุดธิดา บุญผ่องเสถียร.การประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันรังสีรอบตัวรับภาพของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปชนิดซีอาร์เอ็ม.2548. [สืบค้น 20 ต.ค. 2561]; เข้าถึงได้ที่: URL:[http://www.smj.ejnal.com/ejournal/showdetail/?show\\_preview=T&art\\_id=1394](http://www.smj.ejnal.com/ejournal/showdetail/?show_preview=T&art_id=1394)
11. จิราพร การุญ, วัลลภา เพชรวงศ์. การวัดการกระจายของรังสีกระเจิงจากเครื่องฟลูออโรสโคปชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้ระบบควบคุมความสว่างภาพอัตโนมัติ[ภาคนิพนธ์].คณะเทคนิคการแพทย์, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล; 2552.
12. Hanpanich P, Boonlue O. X-ray Accessories from Recycled Hospital Equipment. Thai Journal of Radiological Technology, 2005; 30(1): 22-24.



ภาคผนวก

แบบบันทึกข้อมูลค่าปริมาณรังสีกระเจิง ระดับความสูงจากพื้น.....เซนติเมตร

วันที่	ตำแหน่ง	ครั้งที่	ค่าปริมาณรังสี ( $\mu\text{Sv/hr}$ )		หมายเหตุ
			ก่อนติดตั้งอุปกรณ์	หลังติดตั้งอุปกรณ์	
		1			
		2			
		3			
		4			
		5			
		6			
		7			
		8			
		9			
		10			

วิธีการประดิษฐ์อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy)



A. อุปกรณ์ป้องกันฯ (มุมมองด้านข้าง)



B. อุปกรณ์ป้องกันฯ (มุมมองด้านบน)

อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ เป็นอุปกรณ์ซึ่งประดิษฐ์ขึ้นจากเสื่อตะกั่วเก่า เทียบเท่ากับแผ่นตะกั่วที่มีความหนา 0.5 มิลลิเมตร (มม.) นำมาตัดให้ได้ขนาด 40x120 เซนติเมตร (ซม.) เสริมความแข็งแรงด้วยโครงเหล็ก ตัดรองรับเสื่อตะกั่วเก่าที่ตัดให้ได้ขนาดดังกล่าว แล้วหุ้มด้วยแผ่นหนังเทียม หลังจากนั้นนำไปติดตั้งรอบหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง มีขั้นตอนการประดิษฐ์ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วัดขนาดความยาวรอบหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) 40x120 เซนติเมตร ดังภาพ

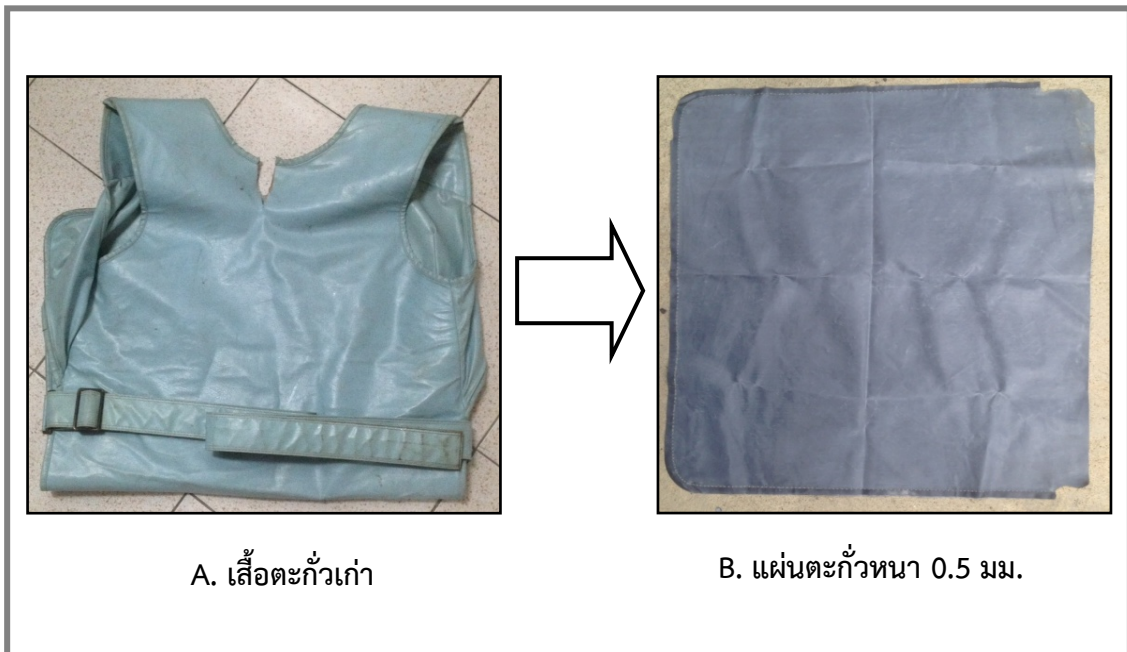


วัดขนาดความยาวรอบหลอดเอกซเรย์

ขั้นตอนที่ 2 นำเสื้อตะกั่วเก่าที่เลิกใช้งานแล้วขนาดความหนา 0.5 มิลลิเมตร (มม.) มาถอดแผ่นตะกั่ว ดังภาพ และตรวจสอบความสมบูรณ์ เช่น ไม่มีรอยแตกหัก ฉีกขาด หรือ radiation leakage



เสื้อตะกั่วเก่า



A. เสื้อตะกั่วเก่า

B. แผ่นตะกั่วหนา 0.5 มม.

ขั้นตอนที่ 3 นำแผ่นหนังเทียมมาห่อหุ้มแผ่นตะกั่ว ขนาด 40x120 เซนติเมตร ดังภาพ



A. อุปกรณ์ป้องกันฯ (มุมมองด้านข้าง)

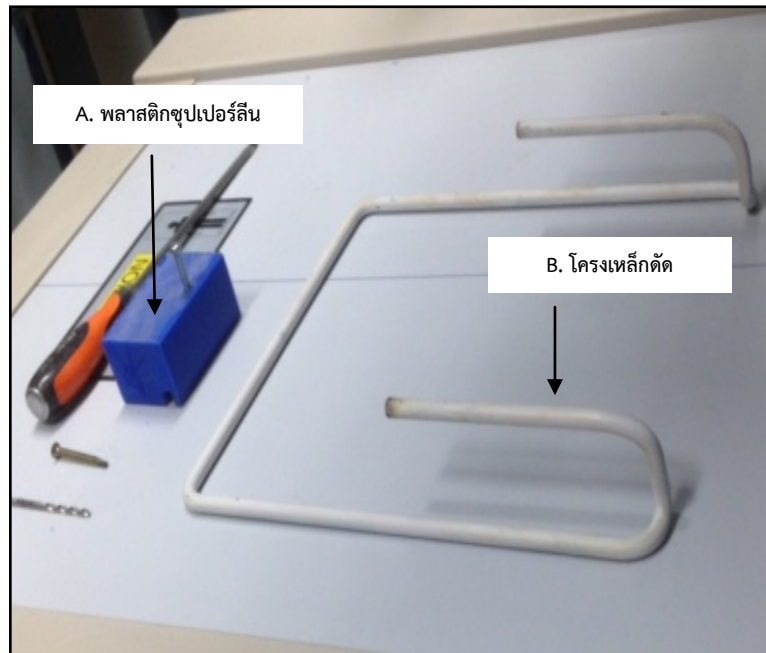


B. อุปกรณ์ป้องกันฯ (มุมมองด้านบน)



C. อุปกรณ์ป้องกันฯ (พร้อมติดตั้ง)

**ขั้นตอนที่ 4** ใช้เหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร (มม.) ตัดเป็นโครงเหล็กให้ได้ตามรูป และตัวพลาสติกซูเปอร์ลีนสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล ดังภาพ



อุปกรณ์ประกอบการติดตั้ง: พลาสติกซูเปอร์ลีน (A) โครงเหล็กตัด (B)



ขั้นตอนที่ 5 นำอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีที่ประดิษฐ์ขึ้นประกอบติดตั้งรอบหลอดเอกซเรย์ (X-ray tube) ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัล (Digital fluoroscopy) ดังภาพ



(A) ติดตั้งพลาสติกชุบเปอร์ลิน



(B) ติดตั้งโครงเหล็ก



ระดับ 90 ซม.

(C) ก่อนติดตั้งอุปกรณ์ฯที่ระดับ 90 ซม.



ระดับ 90 ซม.

(D) หลังติดตั้งอุปกรณ์ฯที่ระดับ 90 ซม.



ระดับ 145 ซม.

(E) ก่อนติดตั้งอุปกรณ์ฯที่ระดับ 145 ซม.



ระดับ 145 ซม.

(F) หลังติดตั้งอุปกรณ์ฯที่ระดับ 145 ซม.

ภาพที่ 9 แสดงขั้นตอนที่ 1-5 การประดิษฐ์และติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีรอบหลอดเอกซเรย์ ของเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปีแบบดิจิทัลชนิดหลอดเอกซเรย์อยู่เหนือเตียง ภายใต้ระบบควบคุมปริมาณรังสีอัตโนมัติ

ข้อมูลการวัดค่าปริมาณรังสีกระเจิงที่ระดับความสูงจากพื้น 90 และ 145 ซม.ตามตำแหน่งการวัด ทั้งหมด 7 ตำแหน่ง

4.1 ตำแหน่ง A (หัวเตียง)

ตารางข้อมูลการวัดค่าปริมาณรังสีกระเจิง									
ตำแหน่ง	ค่าปริมาณรังสีที่ระดับความสูง 90 ซม.				ตำแหน่ง	ค่าปริมาณรังสีที่ระดับความสูง 145 ซม.			
	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv /hr)	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv /hr)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)		ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv /hr)	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv /hr)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)
A(130)	2.5	1.25	2.2	1.10	A(103)	3.5	1.75	3.1	1.55
	2.5	1.25	2.2	1.10		3.5	1.75	3.1	1.55
	2.5	1.25	2.2	1.10		3.5	1.75	3.1	1.55
	2.5	1.25	2.2	1.10		3.5	1.75	3.1	1.55
	2.5	1.25	2.2	1.10		3.5	1.75	3.1	1.55
	2.5	1.25	2.2	1.10		3.5	1.75	3.1	1.55
	2.5	1.25	2.2	1.10		3.5	1.75	3.1	1.55
	2.5	1.25	2.2	1.10		3.5	1.75	3.1	1.55
	2.5	1.25	2.2	1.10		3.5	1.75	3.1	1.55
ค่าเฉลี่ย	2.5	1.25	2.2	1.10	ค่าเฉลี่ย	3.5	1.75	3.1	1.55

4.2 ตำแหน่ง B (หัวเตียงด้านขวา)

ตารางข้อมูลการวัดค่าปริมาณรังสีกระเจิง									
ตำแหน่ง	ค่าปริมาณรังสีที่ระดับความสูง 90 ซม.				ตำแหน่ง	ค่าปริมาณรังสีที่ระดับความสูง 145 ซม.			
	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv /hr)	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv /hr)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)		ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv /hr)	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv /hr)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)
B(110)	3.1	1.55	2.9	1.45	B(88)	4.9	2.45	4.4	2.20
	3.1	1.55	2.9	1.45		4.9	2.45	4.4	2.20
	3.1	1.55	2.9	1.45		5	2.50	4.4	2.20
	3.1	1.55	2.9	1.45		4.9	2.45	4.4	2.20
	3.1	1.55	2.9	1.45		4.9	2.45	4.4	2.20
	3.1	1.55	2.9	1.45		5	2.50	4.4	2.20
	3.1	1.55	2.9	1.45		4.9	2.45	4.4	2.20
	3.1	1.55	2.9	1.45		4.9	2.45	4.4	2.20
	3.1	1.55	2.9	1.45		4.9	2.45	4.4	2.20
	3.1	1.55	2.9	1.45		4.9	2.45	4.4	2.20
ค่าเฉลี่ย	3.1	1.55	2.9	1.45	ค่าเฉลี่ย	4.92	2.46	4.4	2.20



#### 4.3 ตำแหน่ง C (กลางเตียงด้านขวา)

ตารางข้อมูลการวัดค่าปริมาณรังสีกระเจิง									
ตำแหน่ง	ค่าปริมาณรังสีที่ระดับความสูง 90 ซม.				ตำแหน่ง	ค่าปริมาณรังสีที่ระดับความสูง 145 ซม.			
	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv /hr)	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv /hr)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)		ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv /hr)	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv /hr)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)
C(85)	13	6.50	10	5.00	C(50)	17	8.50	15	7.50
	13	6.50	11	5.50		17	8.50	15	7.50
	13	6.50	11	5.50		17	8.50	15	7.50
	13	6.50	11	5.50		17	8.50	15	7.50
	13	6.50	11	5.50		17	8.50	15	7.50
	13	6.50	11	5.50		17	8.50	15	7.50
	13	6.50	11	5.50		17	8.50	15	7.50
	13	6.50	11	5.50		17	8.50	15	7.50
	13	6.50	11	5.50		17	8.50	15	7.50
	13	6.50	11	5.50		17	8.50	15	7.50
ค่าเฉลี่ย	13	6.50	10.9	5.45	ค่าเฉลี่ย	17	8.50	15	7.50

#### 4.4 ตำแหน่ง D (ปลายเตียงด้านขวา)

ตารางข้อมูลการวัดค่าปริมาณรังสีกระเจิง									
ตำแหน่ง	ค่าปริมาณรังสีที่ระดับความสูง 90 ซม.				ตำแหน่ง	ค่าปริมาณรังสีที่ระดับความสูง 145 ซม.			
	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv /hr)	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv /hr)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)		ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv /hr)	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv /hr)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)
D(120)	2.6	1.30	2.4	1.20	D(103)	3.6	1.80	3.2	1.60
	2.7	1.35	2.4	1.20		3.6	1.80	3.2	1.60
	2.7	1.35	2.4	1.20		3.6	1.80	3.2	1.60
	2.6	1.30	2.4	1.20		3.6	1.80	3.2	1.60
	2.7	1.35	2.4	1.20		3.6	1.80	3.2	1.60
	2.7	1.35	2.4	1.20		3.6	1.80	3.2	1.60
	2.7	1.35	2.4	1.20		3.6	1.80	3.2	1.60
	2.7	1.35	2.4	1.20		3.6	1.80	3.2	1.60
	2.7	1.35	2.4	1.20		3.6	1.80	3.2	1.60
	2.7	1.35	2.4	1.20		3.6	1.80	3.2	1.60
ค่าเฉลี่ย	2.68	1.34	2.4	1.20	ค่าเฉลี่ย	3.6	1.80	3.2	1.60

#### 4.5 ตำแหน่ง E (ปลายเตียง)

ตารางข้อมูลการวัดค่าปริมาณรังสีกระเจิง									
ตำแหน่ง	ค่าปริมาณรังสีที่ระดับความสูง 90 ซม.				ตำแหน่ง	ค่าปริมาณรังสีที่ระดับความสูง 145 ซม.			
	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv/hr)	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv/hr)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)		ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv/hr)	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv/hr)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)
E(150)	1.6	0.80	1.4	0.70	E(131)	2.1	1.05	1.9	0.95
	1.6	0.80	1.4	0.70		2.1	1.05	1.9	0.95
	1.6	0.80	1.4	0.70		2.1	1.05	1.9	0.95
	1.6	0.80	1.4	0.70		2.1	1.05	1.9	0.95
	1.6	0.80	1.4	0.70		2.1	1.05	1.9	0.95
	1.6	0.80	1.4	0.70		2.1	1.05	1.9	0.95
	1.6	0.80	1.4	0.70		2.1	1.05	1.9	0.95
	1.5	0.75	1.4	0.70		2.1	1.05	1.9	0.95
	1.6	0.80	1.4	0.70		2.1	1.05	1.9	0.95
	1.6	0.80	1.4	0.70		2.1	1.05	1.9	0.95
	1.6	0.80	1.4	0.70		2.1	1.05	1.9	0.95
ค่าเฉลี่ย	1.59	0.795	1.4	0.70	ค่าเฉลี่ย	2.1	1.05	1.9	0.95

#### 4.6 ตำแหน่ง F (ปลายเตียงด้านซ้าย)

ตารางข้อมูลการวัดค่าปริมาณรังสีกระเจิง									
ตำแหน่ง	ค่าปริมาณรังสีที่ระดับความสูง 90 ซม.				ตำแหน่ง	ค่าปริมาณรังสีที่ระดับความสูง 145 ซม.			
	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv/hr)	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv/hr)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)		ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv/hr)	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv/hr)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)
F(130)	1.9	0.95	1.8	0.90	F(113)	2.6	1.30	2.5	1.25
	1.9	0.95	1.8	0.90		2.6	1.30	2.5	1.25
	1.9	0.95	1.8	0.90		2.6	1.30	2.5	1.25
	1.9	0.95	1.8	0.90		2.6	1.30	2.5	1.25
	1.9	0.95	1.8	0.90		2.6	1.30	2.5	1.25
	1.9	0.95	1.8	0.90		2.6	1.30	2.5	1.25
	1.9	0.95	1.8	0.90		2.6	1.30	2.5	1.25
	1.9	0.95	1.8	0.90		2.6	1.30	2.5	1.25
	1.9	0.95	1.8	0.90		2.6	1.30	2.5	1.25
	1.9	0.95	1.8	0.90		2.6	1.30	2.5	1.25
ค่าเฉลี่ย	1.9	0.95	1.8	0.90	ค่าเฉลี่ย	2.6	1.30	2.5	1.25

#### 4.7 ตำแหน่ง G (หัวเตียงด้านขวา)

ตารางข้อมูลการวัดค่าปริมาณรังสีกระเจิง									
ตำแหน่ง	ค่าปริมาณรังสีที่ระดับความสูง 90 ซม.				ตำแหน่ง	ค่าปริมาณรังสีที่ระดับความสูง 145 ซม.			
	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv/hr)	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv/hr)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)		ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv/hr)	ก่อนติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mSv/hr)	หลังติดตั้ง อุปกรณ์ (mGy/w)
G(110)	2.5	1.25	2.5	1.25	G(89)	4.2	2.10	4.2	2.10
	2.5	1.25	2.5	1.25		4.2	2.10	4.2	2.10
	2.5	1.25	2.5	1.25		4.3	2.15	4.2	2.10
	2.5	1.25	2.5	1.25		4.3	2.15	4.2	2.10
	2.5	1.25	2.5	1.25		4.2	2.10	4.2	2.10
	2.5	1.25	2.5	1.25		4.3	2.15	4.2	2.10
	2.5	1.25	2.5	1.25		4.3	2.15	4.2	2.10
	2.5	1.25	2.5	1.25		4.3	2.15	4.2	2.10
	2.5	1.25	2.5	1.25		4.3	2.15	4.2	2.10
	2.5	1.25	2.5	1.25		4.3	2.15	4.2	2.10
ค่าเฉลี่ย	2.5	1.25	2.5	1.25	ค่าเฉลี่ย	4.27	2.135	4.2	2.10

เอกสารรับรองการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ