

ฉากำบังรังสีต้นทุนต่ำสำหรับใช้ป้องกันอันตรายจากรังสี

กมลวรรณ แสงสุวรรณ

กลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลสิงห์บุรี

ธรรมรัตน์ บุญสูง

ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1 เชียงใหม่

บทคัดย่อ

จากการที่กลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลสิงห์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี มีการให้บริการถ่ายภาพรังสีตามหอผู้ป่วยต่างๆทุกวันซึ่งไม่สามารถป้องกันรังสีกระเจิงได้ดีเหมือนที่ห้องเอกซเรย์ โดยมีสถิติจำนวนผู้ป่วยเฉลี่ย 350 รายต่อเดือน เมื่อแยกตามอวัยวะที่ถ่ายพบว่ามีการถ่ายภาพรังสีของทรวงอก มากที่สุด รองลงมาคือการถ่ายบริเวณส่วนช่องท้อง ตามลำดับ จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้สร้างฉากำบังรังสีเพื่อใช้ป้องกันอันตรายจากรังสี และเป็นการลดค่าใช้จ่ายจากการจัดซื้อฉากตะกั่วที่มีราคาขายทั่วไปอยู่ระหว่าง 40,000-50,000 บาทสำหรับการสร้างฉากำบังรังสีครั้งนี้มีค่าใช้จ่ายประมาณ 6,000 บาท ซึ่งจากผลการวัดปริมาณรังสีกระเจิง ของการถ่ายภาพรังสีทรวงอกและช่องท้อง เมื่อมีฉากำบังรังสีต้นทุนต่ำสำหรับใช้ป้องกันอันตรายจากรังสี พบว่ามีปริมาณ รังสีกระเจิง 0.30 mR/hr และ 0.37 mR/hr ตามลำดับ ซึ่งมาตรฐานคุณภาพเครื่องเอกซเรย์วินิจัย ปี 2558 ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กำหนดไว้ว่า ปริมาณรังสีกระเจิงที่วัดได้ไม่ควรเกิน 0.5 mR/hr ดังนั้นฉากำบังรังสีที่สร้างขึ้นสามารถใช้ป้องกันอันตรายจากรังสี เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการลดทอนรังสีของฉากำบังรังสีเมื่อถ่ายภาพรังสีทรวงอกและช่องท้อง พบว่า ฉากำบังรังสีสามารถลดทอนปริมาณรังสีลงได้คิดเป็นสัดส่วน 21.77 และ 31.81 เท่า ตามลำดับ จากผลงานวิจัยครั้งนี้โรงพยาบาลสิงห์บุรีสามารถนำไปสร้างฉากำบังรังสีให้มีใช้งานตามหอผู้ป่วยครบทุกแห่งในลำดับต่อไป

คำสำคัญ : ฉากำบังรังสี การป้องกันอันตรายจากรังสี เอกซเรย์

Abstract : The low-cost radiation shielding for radiation protection
 Kamonwan Sangsuwan
 Radiological Technologist
 Department of Radiology, Singburi Hospital, under the Ministry of public health.
 Thamarat Bunsoong
 Medical Scientist Regional Medical Sciences Center 1 Chiangmai

The Department of Radiology Singburi Hospital, Sing buri province. Radiography services according to various wards every day, which can prevent scattered radiation as well as X-ray room. By the average number of patient record 350 per month. When the split reflects the shooting has found a radiography of the thoracic most. The shooting is the second abdominal areas, respectively. The issue, therefore, have built the radiation shielding for radiation protection, and is used to reduce the cost of purchasing a scene of lead with a general somewhere between 40, 000-50000 Baht. For creating the shielding of this costs about 6,000 baht, which results from the measurement of scattered radiation. Radiography of thorax and abdomen. When the low-cost radiation shielding for radiation protection. Radiation dose was found to have 0.30 mR / hr and 0.37 mR / hr, respectively, X-ray diagnostic quality standards of 2015, the Department of Medical Radiation dose is defined as the measurement should not exceed 0.5 mR / hr. Thus, the radiation shielding that could be used for radiation protection. According to the criteria set considering the effective attenuation of the radiation shielding on chest radiography and abdominal shielding that can reduce the radiation dose to be accounted for 21.77 and 31.81 times, respectively. The results of this research can be used to build hospitals, then be used to create a scene to have radiation shielding applications as every patient Tower property in order to continue to.

Key word : a scene radiation shielding ,radiation protection ,X-ray

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านรังสีการแพทย์มีความเจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว การใช้เครื่องเอกซเรย์เพื่อสร้างภาพทางรังสีจะช่วยให้เห็นภาพของอวัยวะต่างๆ ได้ชัดเจนขึ้นมากกว่าเดิม จึงทำให้มีการใช้รังสีในทางการแพทย์สูงขึ้นเป็นอย่างมาก แต่สิ่งหนึ่งที่พบได้ประจำในการรักษาผู้ป่วยคือ กรณีที่ส่งผู้ป่วยมาทำการถ่ายภาพรังสี ณ กลุ่มงานรังสีวิทยาไม่ได้ จำเป็นต้องให้นักรังสีการแพทย์นำเครื่องเอกซเรย์เคลื่อนที่ไปทำการถ่ายภาพรังสีผู้ป่วยตามหอผู้ป่วยต่างๆ ซึ่งไม่ได้มีการออกแบบก่อสร้างให้สามารถป้องกันรังสีสะท้อน (Scatter Radiation) ได้ดีเหมือนที่ห้องเอกซเรย์ ดังนั้นหากไม่มีการพิจารณาถึงการป้องกันอันตรายจากรังสีสะท้อนที่เกิดจากการถ่ายภาพรังสีให้มีความเหมาะสมและเพียงพอแล้ว ผลเสียจะตกอยู่ที่ผู้ป่วยคนอื่นๆ ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงและนักรังสีการแพทย์รวมถึงเจ้าหน้าที่ตามหอผู้ป่วยที่อยู่ในบริเวณพื้นที่รังสีนั้น จากการศึกษาเพื่อหาค่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับบริเวณผิวในการถ่ายภาพรังสี² ทั้งหมด 7 ท่า โดยการสุ่มเก็บข้อมูลจากทั่วประเทศ เมื่อปี 2554 พบว่าปริมาณรังสีที่ผิวผู้ป่วยในท่า Chest PA, L-S spine AP, L-S spine Lat, Pelvis AP, Abdomen AP, Skull AP, Skull Lat เท่ากับ 0.3, 3.5, 9.5, 3.3, 3.3, 2.2 และ 1.8 มิลลิเกรย์ ตามลำดับ เมื่อรังสีกระทบต่อผู้ป่วยจะก่อให้เกิดผลทำให้เกิดรังสีสะท้อนตามมาโดยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดรังสี พลังงานของรังสี ปริมาณรังสี และชนิดของอวัยวะที่รังสีตกกระทบ ซึ่งรังสีเอกซ์ที่ใช้งานนั้นเป็นรังสีที่ก่อให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน (ionizing radiation) จะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตโดยทำให้อะตอม โมเลกุลภายในเซลล์ และระบบการทำงานของเซลล์เปลี่ยนแปลงไปและเกิดอาการผิดปกติในร่างกายขึ้นได้^{3,8,9} ดังนั้นในการทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีผู้ปฏิบัติงานควรมีเครื่องกำบังรังสี (shielding) เพื่อลดปริมาณรังสีที่จะเข้าสู่ร่างกายเพื่อเป็นการป้องกันอันตรายจากรังสี จึงจำเป็นต้องจัดหาเสื้อตะกั่ว Thyroid shield รวมถึงฉากกำบังรังสี ให้มีปริมาณที่เพียงพอต่อการใช้งาน⁶

จากแผนยุทธศาสตร์ชาติ ในระยะ 20 ปี ตามยุทธศาสตร์ที่ 3 มีการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ โดยมีแนวทางและประเด็นพัฒนาที่สำคัญประการหนึ่งคือ คนไทยต้องเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ มีความพร้อมทางกาย ใจ และสติปัญญา มีสมรรถนะของการสร้างนวัตกรรม (Innovator) การเป็นนักคิด (Thinker) และตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนของโลก 17 ประการ (The Global Goals for Sustainable Development) องค์การสหประชาชาติ (UN General Assembly) ได้ระบุไว้ข้อหนึ่งว่า จะต้องมีการพัฒนาภาคอุตสาหกรรม นวัตกรรมและโครงสร้างพื้นฐานให้พร้อมจากนโยบายดังกล่าวจึงทำให้ผู้วิจัยเกิดแรงบันดาลใจคิดค้นหานวัตกรรมใหม่ๆ ที่จะมาช่วยให้ทุกคนปลอดภัยจากรังสีเนื่องจากกลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลสิงห์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี ได้มีการให้บริการถ่ายภาพรังสีตามหอผู้ป่วยต่างๆ ทุกวัน ซึ่งมีจำนวนผู้ป่วยเฉลี่ย 350 รายต่อเดือน เมื่อแยกตามอวัยวะที่ถ่ายพบว่ามีการถ่ายภาพรังสีของทรวงอก (Chest) มากที่สุด รองลงมาคือการถ่ายบริเวณส่วนช่องท้อง (Abdomen) ตามลำดับ จากการปฏิบัติงานที่ผ่านมาโรงพยาบาลสิงห์บุรียังไม่มีประเมินปริมาณรังสีสะท้อนที่เกิดจากการถ่ายภาพสำหรับส่วนต่างๆ ของผู้ป่วย⁴ มาถึงบริเวณที่มีเจ้าหน้าที่หรือผู้ป่วยคนอื่นๆ ที่อยู่ในบริเวณนั้น ปัจจุบันนักรังสีการแพทย์ใช้เสื้ออย่างผสมตะกั่วและThyroid shield เป็นเครื่องกำบังรังสีให้กับตนเอง แต่รังสีอาจจะสะท้อนมาถึงส่วนของร่างกายอื่นๆ ที่ไม่มีเครื่องกำบังเช่น เลนส์ตา ผิวหนังบริเวณที่อยู่นอกเครื่องกำบัง อีกทั้งหากมีเจ้าหน้าที่อื่นๆ อยู่บริเวณนั้นด้วย ก็อาจจะมีโอกาสที่จะได้รับปริมาณรังสีที่สูงเกินความจำเป็น เสี่ยงต่อการเกิด

อันตรายต่อสุขภาพได้^{4,5,7} แต่ถ้าหากทุกหอผู้ป่วยมีฉากก้ำบังรังสีที่มีประสิทธิภาพประจำอยู่แล้ว จะสามารถช่วยให้เจ้าหน้าที่ทุกคนปลอดภัยจากอันตรายที่เกิดจากรังสีเอกซ์ได้

วัตถุประสงค์

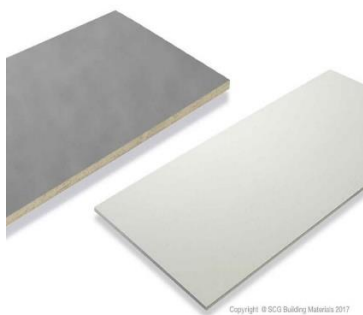
เพื่อสร้างฉากก้ำบังรังสีที่มีประสิทธิภาพดีและมีต้นทุนต่ำ เพื่อลดความเสี่ยงและอันตรายที่อาจจะเกิดจากรังสีสะท้อนเมื่อมีการถ่ายภาพรังสีตามหอผู้ป่วย ให้กับเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลสิงห์บุรี

วัสดุและอุปกรณ์

1. ยิบซัม
2. แผ่นเหล็ก
3. เครื่องเอกซเรย์
4. หุ่นจำลองส่วนลำตัว
5. เครื่องวัดปริมาณรังสีสะท้อน (Survey Meter)

วิธีการศึกษา

ยิบซัม มีคุณสมบัติสามารถลดทอนปริมาณรังสีสะท้อนได้ แม้จะไม่ได้มากเหมือนตะกั่ว แต่หากมีการใช้ยิบซัมที่มีความหนาเพียงพอและใช้ร่วมกับอุปกรณ์หรือเทคนิคการลดรังสีอื่นๆประกอบ จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการลดทอนรังสีในระดับที่ปลอดภัยเทียบเท่าการใช้ฉากตะกั่ว การพัฒนาและประยุกต์สร้างฉากก้ำบังรังสี ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้วัสดุหลายอย่างประกอบกันคือ แผ่นยิบซัม ร่วมกับแผ่นเหล็ก และใช้เทคนิค air gap ข้างในฉากก้ำบังรังสีระหว่างยิบซัมแต่ละแผ่นโดยส่วนประกอบของฉากก้ำบังรังสีได้แก่ แผ่นยิบซัม ความหนา 10 มม. ประกบกันจำนวน 3 แผ่น โดยมีช่องว่างระหว่างแต่ละแผ่น แล้วใช้เหล็กแผ่นที่มีความหนา 1.5 มม. ประกบทั้งด้านหน้าและด้านหลัง พร้อมใช้แผ่นเหล็กขึ้นรูปทำเป็นกรอบโดยรอบฉาก เพื่อให้ฉากก้ำบังรังสีมีความแข็งแรงและคงทนต่อการใช้งาน



แผ่นยิบซัม



แผ่นเหล็ก



เหล็กแผ่นขึ้นรูป

รูปที่ 1 แสดงวัสดุประกอบฉากก้ำบังรังสี



รูปที่ 2 แสดงการประกอบฉากกำบังรังสี



รูปที่ 3 แสดงฉากกำบังรังสีที่สร้างขึ้น

ขั้นตอนในการทดสอบประสิทธิภาพฉากกำบังรังสี¹ ได้แก่

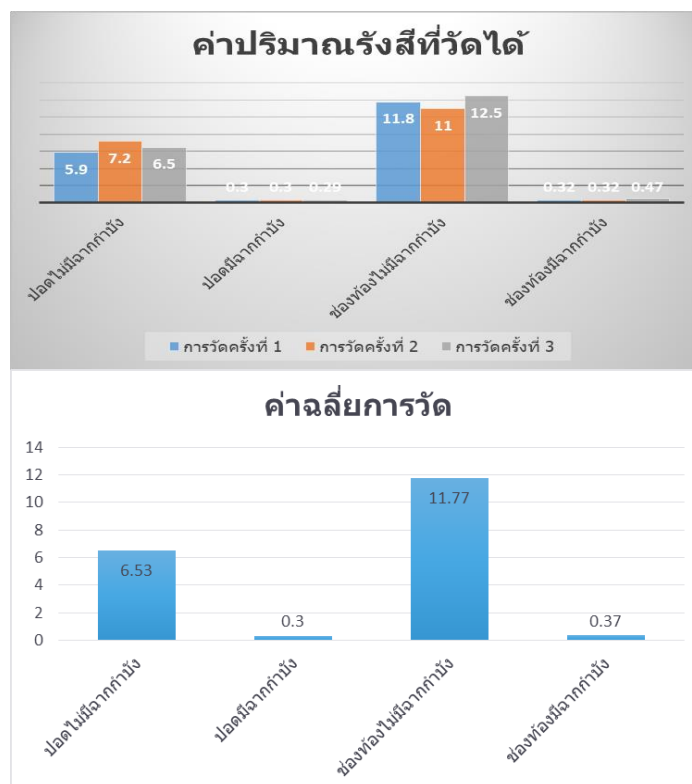
1. เตรียมเครื่องเอกซเรย์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน วางหุ่นจำลองส่วนลำตัวไว้บริเวณกลางเตียงเอกซเรย์
2. ตั้งค่าเทคนิคเกี่ยวกับการตรวจผู้ป่วยจริงได้แก่ การเอกซเรย์ปอด 65kVp , 16 mAs และเอกซเรย์ช่องท้อง 65kVp 50 mAs วัดปริมาณรังสีตรงบริเวณที่เจ้าหน้าที่ยืนกรณีถ่ายภาพรังสี(Portable X-Ray) บนหอผู้ป่วย วัดปริมาณรังสีจำนวน3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย
3. ตั้งค่าเทคนิคเดียวกับข้อ 2 โดยทำการเก็บข้อมูลชุดที่1โดยวัดเมื่อไม่มีฉากกำบังรังสี โดยทำการวัดปริมาณรังสีจำนวน3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย
4. ตั้งค่าเทคนิคเดียวกับข้อ 2 โดยทำการเก็บข้อมูลชุด 2 ให้เครื่องวัดอยู่ตรงตำแหน่งเดิม เป็นการวัดปริมาณรังสีที่ระยะ 5 ซม. หลังฉากกำบังรังสี ซึ่งวัดปริมาณรังสีทั้งหมดจำนวน 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย
5. บันทึกค่า Radiation Dose ที่แสดงที่ Monitor Displayของ Survey meter
6. คำนวณร้อยละของปริมาณรังสีที่ลดทอนลงจากไม่มีฉากกำบังรังสีเทียบกับการวัดปริมาณรังสีหลังฉากกำบังรังสี



รูปที่ 4 แสดงการประเมินประสิทธิภาพของฉากำบังรังสี

ผลการศึกษา

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการลดทอนปริมาณรังสีสะท้อนของฉากำบังรังสี โดยใช้เครื่องมือวัดปริมาณรังสีสะท้อน (Survey Meter) ของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 1 เชียงใหม่ พบว่า ปริมาณรังสีสะท้อน (mR/hr) ที่ระยะ 1.5 เมตร ห่างจากจุดกำเนิดรังสี เมื่อไม่มีฉากำบังรังสีเทียบกับเมื่อมีฉากำบังรังสี ได้ผลดังกราฟรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงปริมาณรังสีสะท้อนที่ระยะ 1.5 เมตร ห่างจากจุดกำเนิดรังสี ขณะที่ไม่มีฉากำบังรังสีเทียบกับมีฉากำบังรังสี โดยใช้เทคนิคการถ่ายภาพรังสีทรวงอกและช่องท้อง

จากผลการวัดปริมาณรังสีสะท้อนเฉลี่ย ของการถ่ายภาพรังสีทรวงอกและช่องท้อง เมื่อมีฉากกำบังรังสี พบว่ามีปริมาณ 0.30 mR/hr และ 0.37 mR/hr ตามลำดับ มาตรฐานคุณภาพเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัย¹ ปี 2558 ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กำหนดไว้ว่า ปริมาณรังสีสะท้อนที่วัดได้ไม่ควรเกิน 0.5 mR/hr นั่นคือ ฉากกำบังรังสีสามารถลดทอนปริมาณรังสีได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการลดทอนรังสีของฉากกำบังรังสีเมื่อถ่ายภาพรังสีทรวงอกและช่องท้อง เปรียบเทียบกันระหว่างไม่มีและมีฉากกำบังรังสี พบว่า ฉากกำบังรังสีสามารถลดทอนปริมาณรังสีลงได้คิดเป็นสัดส่วน 21.77 และ 31.81 เท่า ตามลำดับ

วิจารณ์

1. การสร้างฉากกำบังรังสีต้นทุนต่ำสำหรับใช้ป้องกันอันตรายจากรังสี ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำกลยุทธ์การปฏิรูปการเรียนรู้แบบพลิกโฉม (Transformation of Learning) มาใช้พัฒนาเพื่อหาอุปกรณ์อื่นที่ไม่ใช่แผ่น ตะกั่ว ซึ่งมีราคาสูง และยังให้ประสิทธิภาพที่ดีเท่ากับการใช้ฉากกำบังรังสีที่ผลิตจากตะกั่ว จากนั้นจึงนำผลการพัฒนาครั้งนี้ต่อยอดไปใช้ประโยชน์ในการผลิตฉากกำบังรังสีให้มีใช้งานตามหอผู้ป่วยทุกแห่ง ในโรงพยาบาลสิงห์บุรี

2. สิ่งที่เป็นแนวคิดใหม่คือ การนำเอาแผ่นยิปซัม มาใช้ร่วมกับแผ่นเหล็กและอาศัยเทคนิค air gap ประกอบกันสำหรับสร้างฉากกำบังรังสี แม้ว่ายิปซัม จะมีคุณสมบัติสามารถลดทอนปริมาณรังสีกระเจิง (Scatter Radiation) ได้ก็ตามซึ่งก็เกิดการลดทอนได้ไม่มากเท่าแผ่นตะกั่ว แต่หากมีการใช้ยิปซัมที่มีความหนาเพียงพอและใช้ร่วมกับอุปกรณ์หรือเทคนิคการลดรังสีอื่นๆประกอบ ก็จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการลดทอนรังสีได้ในระดับที่ปลอดภัยเทียบเท่ากับการใช้ฉากตะกั่วได้

3. ปัญหาและความท้าทายที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำวิจัยคือ การใช้แผ่นยิปซัมเพียงอย่างเดียวในการลดทอนรังสีกระเจิง(Scatter Radiation)ให้ได้ผลนั้น จะต้องใช้แผ่นยิปซัมจำนวนหลายแผ่น ทำให้ฉากกำบังรังสีที่ได้มีความหนามาก อีกทั้งยิปซัมเป็นวัสดุที่ไม่มีความคงทนพอจึงไม่เหมาะกับการผลิตฉากที่ใช้เคลื่อนที่ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้คิดค้นส่วนประกอบของฉากกำบังรังสีแบบใหม่ขึ้นโดยการนำวัสดุอื่นๆมาประกอบกันและให้ผลการลดทอนรังสีกระเจิงได้อย่างมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับฉากตะกั่ว

สรุป

จากการสร้างฉากกำบังรังสีที่มีประสิทธิภาพดีและมีต้นทุนต่ำ เพื่อลดความเสี่ยงและอันตรายที่อาจเกิดจากรังสีสะท้อนเมื่อมีการถ่ายภาพรังสีตามหอผู้ป่วย ให้กับเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลสิงห์บุรีครั้งนี้ พบว่าจากผลการวัดปริมาณรังสีกระเจิง (Scatter Radiation)เมื่อมีฉากกำบังรังสี ของการถ่ายภาพรังสีทรวงอกมีค่าเฉลี่ย 0.30 mR/hr และช่องท้อง ว่ามีค่าเฉลี่ย 0.37 mR/hr ตามลำดับ มาตรฐานคุณภาพเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัย ปี 2558 ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กำหนดไว้ว่า ปริมาณรังสีกระเจิง (Scatter Radiation) ที่วัดได้ไม่ควรเกิน 0.5 mR/hr นั่นคือ ฉากกำบังรังสีสามารถลดทอนปริมาณรังสีได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด และเมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการลดทอนรังสีของฉากกำบังรังสีเมื่อถ่ายภาพรังสีทรวงอกและช่องท้อง เปรียบเทียบกันระหว่างไม่มีและมีฉากกำบังรังสี พบว่า ฉากกำบังรังสีสามารถลดทอนปริมาณรังสีลงได้คิดเป็นสัดส่วน 21.77 และ 31.81 เท่า ตามลำดับซึ่งจากผลลัพธ์ที่ได้จึงเป็นไปตามเป้าหมาย

การพัฒนาที่ยั่งยืนของโลก 17 ประการ (The Global Goals for Sustainable Development) องค์การสหประชาชาติ (UN General Assembly) ที่ระบุไว้ข้อหนึ่งว่า จะต้องมีการพัฒนาภาคอุตสาหกรรม นวัตกรรมและโครงสร้างพื้นฐานให้พร้อม

ข้อเสนอแนะ

ฉากกำบังรังสีที่สร้างขึ้นในครั้งนี้มีประสิทธิภาพดีและมีต้นทุนต่ำ จะทำให้โรงพยาบาลต่างๆ สามารถจัดซื้อฉากกำบังรังสีไว้ใช้งานเพื่อช่วยลดความเสี่ยงและอันตรายที่อาจเกิดจากการได้รับรังสีให้กับเจ้าหน้าที่และผู้ป่วยที่อยู่บริเวณใกล้เคียงได้อย่างเพียงพอ

สำหรับประโยชน์ของการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยในครั้งต่อไปคือการออกแบบฉากกำบังรังสีให้สามารถใช้งานได้หลายรูปแบบ เพื่อความเหมาะสมลักษณะโครงสร้างของหอผู้ป่วยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. มาตรฐานคุณภาพเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัย กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 2558.
2. ค่าปริมาณรังสีอ้างอิงจากการถ่ายภาพรังสีวินิจฉัยด้วยเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัยทั่วไป. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 2554.
3. อัมพรฝั้นเชียน. อันตรายจากรังสีและการควบคุม. ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2547; 25-28.
4. วลัยพรพันธุ์กล้า, อังคณา เหลืองนทีเทพ, ฐิติมาชินะโชติ, มุกดา จงเจริญธนาวัฒน์, นันทิยา แพทยานันท์. การประเมินคุณภาพเครื่องแต่งตัวป้องกันรังสีในห้องผ่าตัดโรงพยาบาลศิริราช. วิสัณฐีสาร. 2009; 35(3): 198-203.
5. สุริยาพร โจไรสง, สุชาติ เกียรติวัฒนเจริญ. อิฐกันรังสี. วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่. 2551; 41(2): 79-88.
6. Suhaib Alameen , Siddig Khalid , Wadah Ali & Mamdouh Y. Osman. Shielding Evaluation of Diagnostic X-Ray Rooms in Khartoum State. Global Journal of Health Science; Vol. 9, No. 7; 2017.
7. Petrantonaki, M., Kappas, C., Efsthathopoulos, E. P. et al. Calculating shielding requirements in diagnostic X-ray departments. Br J Radiol, 1999; (72) : 179-85.
8. National Council on Radiation Protection and Measurements. Structural shielding design for medical X-ray imaging facilities. NCRP Report No.147. Bethesda MD, NCRP. Ref Type: Report. 2004.
9. IAEA. International Basic safety Standards for Radiation Protection against Ionizing radiation and for the Safety of radiation sources. IAEA Safety Series. 1996; 115.