



การศึกษาปริมาณรังสีที่เจ้าหน้าที่และบุคคลใกล้ชิดได้รับจากผู้ป่วย ที่เข้ารับการตรวจประเมินสมรรถภาพของหัวใจห้องล่างซ้าย โดยใช้เทคนิคเฉียบ-99 เอ็ม ตัดผลากับเซลล์เม็ดเลือดแดง

กนกกร ภู่นาค^{1*}, พีระวรรณ โชชัย², จีรารัตน์ เทพเกลี้ยง¹, วิชญาพร ถิ่นขาม¹

¹ภาควิชารังสีเทคนิค คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช กรุงเทพมหานคร

²ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช กรุงเทพมหานคร

A Study of Radiation Dose to Staff and Close Contacts from Patients Undergoing Left Ventricular Function Assessment Using [99mTc]-labeled Red Blood Cells

Kanokon Poonak^{1*}, Peerawan Chochai², Jeerarat Tepkleang¹, Witchayaporn Thinkam¹

¹Department of Radiological Technology, Faculty of Medicine Vajira Hospital,
Navamindradhiraj University, Bangkok

²Department of Radiology, Faculty of Medicine Vajira Hospital, Navamindradhiraj
University, Bangkok

Received: 21 January 2025/ Review: 22 January 2025/ Revised: 1 May 2025/

Accepted: 2 May 2025

บทคัดย่อ

หลักการและวัตถุประสงค์: การประเมินสมรรถภาพหัวใจโดยใช้การบีบตัวของหัวใจห้องล่างซ้าย ด้วยเทคนิค multiple gated acquisition (MUGA) scan เป็นวิธีที่มีความแม่นยำสูงและให้ค่าที่สามารถทำซ้ำได้ แต่มีขั้นตอนที่ผู้ป่วยต้องได้รับการฉีดสารเภสัชรังสีเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งปริมาณรังสีที่แผ่ออกจากผู้ป่วยอาจส่งผลกระทบต่อบุคลากรทางการแพทย์ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดปริมาณรังสีที่แผ่ออกมาจากผู้ป่วยเข้ารับการตรวจประเมินสมรรถภาพของหัวใจห้องล่างซ้ายด้วยเทคนิค multiple gated acquisition (MUGA) scan ที่ระยะเวลาหลังฉีดสารเภสัชรังสีและระยะห่างจากผู้ป่วยที่แตกต่างกัน และประเมินค่าการได้รับรังสีของนักรังสีการแพทย์ ผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์ และบุคคลที่ใกล้ชิดผู้ป่วยได้รับ

วิธีการศึกษา: การศึกษานี้ เป็นแบบเชิงพรรณนาไปข้างหน้า (Prospective descriptive study) ดำเนินการกับผู้ป่วยจำนวน 20 ราย ที่เข้ารับการตรวจ MUGA scan ณ แผนกเวชศาสตร์นิวเคลียร์ โรงพยาบาลวชิรพยาบาล การวัดปริมาณรังสีดำเนินการโดยใช้เครื่องวัดรังสีที่ระดับใต้ลิ้นของผู้ป่วยในสองช่วงเวลา ได้แก่ ทันทีหลังฉีดสารเภสัชรังสี และ 40 นาทีหลังฉีด โดยทำการวัดที่ระยะห่าง 0.25, 0.50, 1.00 และ 2.00 เมตรจากผู้ป่วย จากนั้น คำนวณค่าปริมาณรังสีที่ได้รับของนักรังสีการแพทย์ ผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์ และบุคคลที่อยู่ใกล้ชิดผู้ป่วย และเปรียบเทียบกับค่าขีดจำกัดปริมาณรังสีต่อปีที่กำหนดโดยคณะกรรมการระหว่างประเทศว่าด้วยการป้องกันอันตรายจากรังสี

ผลการศึกษา: ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีที่แผ่ออกมาจากผู้ป่วย ทันทีหลังฉีดสารเภสัชรังสี ที่ระยะ 0.25, 0.50, 1.00 และ 2.00 เมตร คือ 60.65 ± 16.08 , 27.53 ± 4.38 , 11.20 ± 1.52 และ 3.84 ± 0.89 ไมโครซีเวิร์ต/ชั่วโมง ($\mu\text{Sv/hr}$) ตามลำดับ ในขณะที่ 40 นาทีหลังฉีด ค่าลดลงเป็น 53.53 ± 16.60 , 25.36 ± 4.52 , 10.07 ± 1.33 และ 3.30 ± 0.57 $\mu\text{Sv/hr}$ ตามลำดับ ค่าปริมาณรังสีที่คำนวณได้สำหรับนักรังสีการแพทย์ ผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์ ญาติหรือบุคคลที่ใกล้ชิดผู้ป่วยได้รับ ค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ระยะ 0.25 เมตร คือ 3.90 ± 3.03 , 2.59 ± 1.67 และ 38.93 ± 25.08 μSv ตามลำดับ

สรุป: ผลการศึกษพบว่าปริมาณรังสีที่แผ่ออกจากผู้ป่วยมีค่าแปรผกผันกับระยะห่างจากผู้ป่วยและระยะเวลาหลังฉีดสารเภสัชรังสี นอกจากนี้ ค่าปริมาณรังสีที่นักรังสีการแพทย์ ผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์ และบุคคลที่ใกล้ชิดผู้ป่วยได้รับยังคงอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าค่าขีดจำกัดที่กำหนดโดยคณะกรรมการระหว่างประเทศว่าด้วยการป้องกันอันตรายจากรังสี (ICRP)

คำสำคัญ: ปริมาณรังสีที่แผ่ออกมา, การตรวจประเมินสมรรถภาพการทำงานของหัวใจแบบมีลีดเกด, ปริมาณรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับ

*Corresponding author: Kanokon Poonak, E-mail: kanokon@nmu.ac.th

Abstract

Background and objectives: The assessment of cardiac function through the measurement of left ventricular ejection fraction (LVEF) using the multiple gated acquisition (MUGA) scan technique is recognized for its high accuracy and reproducibility. However, this procedure requires the intravenous administration of a radiopharmaceutical agent, resulting in radiation emission from the patient, which could potentially affect medical personnel. The objective of this study was to quantify the radiation dose from patients undergoing MUGA scans at varying time intervals post-radiopharmaceutical injection and distances from the patient. Additionally, the study sought to estimate the radiation exposure of radiology technologists, radiology assistants, and individuals in close contacts to the patient.

Methods: A prospective descriptive study was conducted on a sample of 20 patients who underwent MUGA scans at the Nuclear Medicine Department of Vajira Hospital. Radiation dose measurements were performed using a survey meter placed at the epigastric level at two time points: immediately after radiopharmaceutical injection and 40 minutes post-injection. Measurements were taken at distances of 0.25, 0.50, 1.00, and 2.00 meters from the patients. The estimated radiation doses received by radiologic technologists, radiology assistants, and individuals in close contact with the patients were subsequently calculated and compared to the radiation dose limits per year recommended by the International Commission on Radiological Protection (ICRP).

Results: The mean radiation doses emitted from patients immediately after injection at distances of 0.25, 0.50, 1.00, and 2.00 meters were 60.65 ± 16.08 , 27.53 ± 4.38 , 11.20 ± 1.52 and 3.84 ± 0.89 microSieverts/hour ($\mu\text{Sv/hr}$), respectively. At 40 minutes post-injection, the mean radiation doses decreased to 53.53 ± 16.60 , 25.36 ± 4.52 , 10.07 ± 1.33 and 3.30 ± 0.57 $\mu\text{Sv/hr}$ at distances of 0.25, 0.50, 1.00 and 2.00 meters, respectively. The estimated radiation doses received by radiological technologists, radiology assistants, and individuals in close contacts to the patient at a distance of 0.25 meters were 3.90 ± 3.03 , 2.59 ± 1.67 , and 38.93 ± 25.08 μSv , respectively.

Conclusion: The findings indicate an inverse relationship between the radiation dose emitted from patients and both distance from the patient and elapsed time post-injection. The radiation doses received by occupational workers and individuals in close proximity to the patients remained below the recommended dose limits established by ICRP.

Keywords: radiation exposure, multiple gated acquisition scan, occupational exposure

บทนำ

ภาวะกล้ามเนื้อหัวใจเสื่อมและหัวใจล้มเหลวเป็นภาวะแทรกซ้อนที่พบบ่อยจากยาเคมีบำบัด ซึ่งสัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิตและคุณภาพชีวิตที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ¹ การประเมินสมรรถภาพของหัวใจด้วยค่าการบีบตัวของหัวใจห้องล่างซ้าย (left ventricular ejection fraction; LVEF) เป็นวิธีมาตรฐานในการวินิจฉัยและติดตามภาวะพิษต่อหัวใจในผู้ป่วยกลุ่มนี้ ปัจจุบันมีหลายวิธีที่ใช้ประเมิน LVEF เช่น การตรวจหัวใจด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (echocardiogram; ECHO) การตรวจด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic resonance imaging; MRI) และการตรวจประเมินสมรรถภาพการทำงานของหัวใจแบบมัลติเกต (multiple gated acquisition scan; MUGA scan) อย่างไรก็ตาม ECHO ต้องอาศัยความเชี่ยวชาญของแพทย์ ส่วนการตรวจ MRI ใช้ระยะเวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูง ในขณะที่ MUGA scan มีความแม่นยำสูงและให้ผลที่สามารถทำซ้ำได้ (reproducibility) โดยไม่ขึ้นกับประสบการณ์ของผู้ตรวจ²

MUGA ใช้สารเภสัชรังสีรังสีเทคนิคเนียม-99เอ็ม (Technetium-99m; Tc-99m) ติดฉลากกับเซลล์เม็ดเลือดแดง ([99mTc]- red blood cell; ([99mTc]- RBC) เพื่อประเมินการทำงานของหัวใจห้องล่างซ้าย (left ventricle) โดยต้องตรวจทั้งก่อนและระหว่างการรักษาเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของ LVEF ซึ่งค่าปกติ คือ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 และหากลดลงมากกว่าร้อยละ 10 อาจบ่งชี้ถึงภาวะพิษต่อหัวใจที่อาจเป็นอันตรายถึงชีวิต² อย่างไรก็ตาม สารเภสัชรังสีที่ฉีดเข้าสู่ร่างกายผู้ป่วยจะทำให้มีการแผ่รังสีออกจากร่างกาย ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อบุคลากรทางการแพทย์และบุคคลใกล้ชิด การประเมินปริมาณรังสีที่แผ่ออกจึงมีความสำคัญในการกำหนดแนวทางป้องกันอันตรายจากรังสีให้เป็นไปตามข้อกำหนดของ International Commission on Radiological Protection (ICRP)³

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ปริมาณรังสีที่แผ่ออกมาจากผู้ป่วยที่มีแนวโน้มลดลงตามระยะห่างและระยะเวลาหลังฉีดสารเภสัชรังสี⁴⁻⁸ โดยระยะห่างเป็นปัจจัยสำคัญตามกฎกำลังสองผกผัน (Inverse Square Law)⁹⁻¹⁰

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{D_2^2}{D_1^2}$$

- เมื่อ I_1 คือ อัตราปริมาณรังสีที่ได้รับ ที่ระยะห่าง d_1
 d_1 คือ ระยะห่างจากต้นกำเนิดรังสี 1
 I_2 คือ อัตราปริมาณรังสีที่ได้รับ ที่ระยะห่าง d_2
 d_2 คือ ระยะห่างจากต้นกำเนิดรังสี 2

นอกจากนี้ ระยะเวลาที่อยู่ใกล้ผู้ป่วยก็เป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณรังสีสะสม เพื่อให้เป็นไปตามหลักการ ALARA (as low as reasonably achievable) ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการป้องกันอันตรายจากรังสี โดยมุ่งลดการได้รับรังสีให้น้อยที่สุดโดยควบคุมระยะเวลา ระยะห่าง และการใช้เครื่องกำบังอย่างเหมาะสม³ หากไม่ปฏิบัติตามอาจเสี่ยงได้รับรังสีเกินขีดจำกัดที่กำหนด

อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลปริมาณรังสีที่แผ่ออกจากผู้ป่วย MUGA scan ในแผนกเวชศาสตร์นิวเคลียร์ โรงพยาบาลวชิรพยาบาล ซึ่งเป็นการตรวจที่ใช้ค่าความแรงรังสีสูงที่สุดในแผนก ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดปริมาณรังสีที่แผ่ออกจากผู้ป่วยระหว่างการตรวจ MUGA scan และประเมินปริมาณรังสีที่นักรังสีการแพทย์ ผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์ และบุคคลใกล้ชิดได้รับ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการจัดทำแนวทางป้องกันอันตรายจากรังสีและคำแนะนำสำหรับผู้ปฏิบัติงานและบุคคลใกล้ชิดผู้ป่วย

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ เพื่อหาค่าปริมาณรังสีที่แผ่ออกมาจากผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจ MUGA scan แผนกเวชศาสตร์นิวเคลียร์ โรงพยาบาลวชิรพยาบาล และประเมินค่าการได้รับรังสีของนักรังสีการแพทย์ ผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์ และบุคคลที่ใกล้ชิดผู้ป่วยได้รับ

วิธีการศึกษา

เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบเก็บข้อมูลไปข้างหน้า (prospective descriptive study) โดยได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการการวิจัยคณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช ก่อนดำเนินการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจ MUGA scan แผนกเวชศาสตร์นิวเคลียร์ โรงพยาบาลวชิรพยาบาล ในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม พ.ศ. 2565

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์การคัดเข้า

- ผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจ MUGA scan ที่แผนกเวชศาสตร์นิวเคลียร์ โรงพยาบาลวชิรพยาบาล
- ผู้ป่วยที่ให้ความยินยอมในการวัดปริมาณรังสีได้ทั้ง 2 ครั้ง

เกณฑ์การคัดออก

- ผู้ป่วยที่มีการปัสสาวะในช่วง 40 นาทีหลังฉีดสารเภสัชรังสี [^{99m}Tc]- RBC เนื่องจากอัตราการกรองของไตแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ป่วยที่มีอัตราการกรองของไตสูงจะขับสารเภสัชรังสีออกจากปัสสาวะเร็วขึ้น ส่งผลให้ปริมาณรังสีที่ตกค้างในร่างกายลดลง¹¹ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดค่า
- ผู้ป่วยที่มีอายุต่ำกว่า 18 ปี เนื่องจากปริมาณรังสีที่ใช้ในการตรวจของผู้ป่วยเด็กถูกกำหนดตามน้ำหนักตัว ซึ่งมักต่ำกว่าค่าที่ใช้ในผู้ใหญ่ อาจส่งผลให้ค่าปริมาณรังสีที่วัดได้ต่ำกว่ามาตรฐานของกลุ่มผู้ใหญ่ ทำให้ผลลัพธ์เกิดความลำเอียง
- ผู้ป่วยที่ไม่สามารถอยู่ในท่านั่งหรือทำยืนระหว่างการวัดปริมาณรังสีได้ (ผู้ป่วยที่ต้องใช้เตียงนอน) เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านทิศทางของการวัดรังสี การที่ไม่สามารถวัดค่าที่ทะลุผ่านทรวงอกด้านหน้าโดยตรง อาจส่งผลให้ค่าปริมาณรังสีที่วัดได้คลาดเคลื่อน

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

ขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณด้วยโปรแกรม G*Power เวอร์ชัน 3.1.9.7 โดยกำหนดขนาดอิทธิพล (effect size) เท่ากับ 0.9, ค่าระดับนัยสำคัญ (α) 0.05 และค่าพลังการทดสอบ (power) 0.95 ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม 15 ราย และเพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูล จึงเก็บข้อมูลเพิ่มเติมอีก 5 ราย รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 20 ราย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

ใช้เครื่องสำรวจรังสี (survey meter) ชนิดไอออนไนเซชันแชมเบอร์ (ionization chamber) ยี่ห้อ FLUKE รุ่น pressurized μR ion chamber survey meter ผ่านการสอบเทียบมาตรฐานโดยห้องปฏิบัติการวัดรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ (secondary standard dosimetry laboratory; SSDL) สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ โดยนำมาติดกับสายวัดระยะทางเพื่อบอกตำแหน่งที่ระยะ 0.25, 0.50, 1.00 และ 2.00 เมตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 1 เพื่อใช้ในการวัดอัตราปริมาณรังสีที่แผ่ออกมาร่างกายของผู้ป่วยตามระยะต่าง ๆ ในหน่วยไมโครซีเวิร์ต microSieverts/hour ($\mu\text{Sv/hr}$) ซึ่งในแต่ละระยะ ทำการวัด 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย นำค่าเฉลี่ยอัตราปริมาณรังสีที่ได้ไปคำนวณเพื่อหาค่าปริมาณรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานด้านรังสีและบุคคลที่ใกล้ชิดผู้ป่วยได้รับ

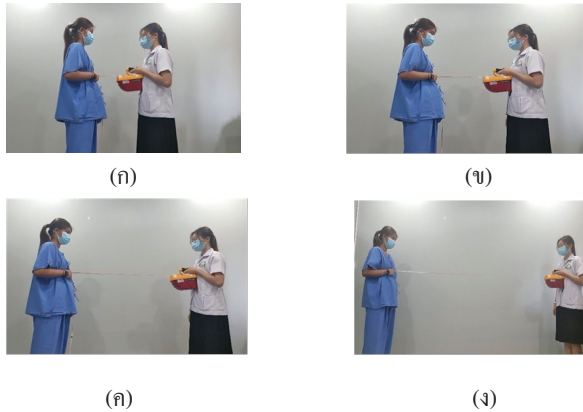


รูปที่ 1 เครื่องวัดรังสี survey meter ที่ติดสายวัด และสัญลักษณ์บอกตำแหน่งที่ระยะต่าง ๆ

การเก็บข้อมูลและวัดปริมาณรังสี

เก็บข้อมูลผู้ป่วย ได้แก่ อายุ ปริมาณรังสีที่ฉีดหน่วยเป็นมิลลิคูรี (milliCuries; mCi) เวลาที่ฉีดสารเภสัชรังสี และเวลาที่ใช้เดินทางกลับบ้านของผู้ป่วย บันทึกเวลาที่นักรังสีการแพทย์และผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์ปฏิบัติงานใกล้ชิดกับผู้ป่วยแต่ละราย เช่น จัดท่า ช่วยเหลือ และนำผู้ป่วยลงจากเตียงหลังตรวจเสร็จ เพื่อใช้ในการประเมินปริมาณรังสีที่ได้รับ โดยนักรังสีการแพทย์ของหน่วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์โรงพยาบาลวชิรพยาบาล มีจำนวน 3 ท่าน ล้วนมีประสบการณ์มากกว่า 10 ปี มีการวางแผนการปฏิบัติงาน ตระหนักในการป้องกันอันตรายจากรังสี เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานกับผู้ป่วยแต่ละรายใกล้เคียงกัน และผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์มีจำนวน 2 ท่าน มีประสบการณ์เฉลี่ย 2 ปี มีความรู้เบื้องต้นในการป้องกันอันตรายจากรังสีและปฏิบัติงานภายใต้การควบคุมของนักรังสีการแพทย์ ระยะเวลากในการปฏิบัติงานกับผู้ป่วยแต่ละรายใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานะและความสามารถในการช่วยเหลือตนเองของผู้ป่วย

เก็บข้อมูลปริมาณรังสี โดยวัดปริมาณรังสีพื้นหลัง (background) ในแต่ละวัน โดยวัด 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย จากนั้นวัดปริมาณรังสีที่แผ่ออกมาจากร่างกายผู้ป่วยที่เวลาหลังฉีดทันที และที่ 40 นาทีหลังฉีด โดยให้ผู้ป่วยยืนหรือนั่งนิ่ง ๆ และจับสายวัดที่ติดกับเครื่องวัดรังสี วัดที่ระดับใต้ลิ้นปี่ (epigastric level) ของผู้ป่วยที่ระยะห่าง 0.25, 0.50, 1.00 และ 2.00 เมตร โดยวัดที่แต่ละระยะห่างจำนวน 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 การวัดปริมาณรังสีที่ระยะ 0.25 เมตร (ก), 0.50 เมตร (ข), 1.00 เมตร (ค) และ 2.00 เมตร (ง)

คำนวณค่าปริมาณรังสีที่นักรังสีการแพทย์ ผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์ และบุคคลที่ใกล้ชิดผู้ป่วยได้รับโดยนำค่าปริมาณรังสีที่วัดได้ หรืออัตราการแผ่รังสี (dose rate) จากผู้ป่วยแต่ละรายตามระยะห่างต่างๆ ที่เวลาหลังฉีดทันทีและ 40 นาทีหลังฉีด หักลบด้วยค่าปริมาณรังสีพื้นหลังเฉลี่ยในวัน คูณด้วยระยะเวลาที่ต้องปฏิบัติงานหรือใกล้ชิดผู้ป่วย โดยสามารถคำนวณค่าปริมาณรังสีได้จากสูตร³

ปริมาณรังสีที่ได้รับ (μSv) = อัตราการแผ่รังสี (dose rate) $\times$ เวลา (h)

เมื่อปริมาณรังสีที่ได้รับ คือ ค่าปริมาณรังสีที่นักรังสีการแพทย์และผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์ได้รับขณะปฏิบัติงานใกล้ชิดผู้ป่วย (μSv) อัตราการแผ่รังสี (dose rate) คือ ปริมาณรังสีที่แผ่ออกมาจากผู้ป่วยในช่วงระยะเวลาหนึ่งชั่วโมง ($\mu\text{Sv/h}$) ที่ระยะห่าง 0.25, 0.50, 1.00 หรือ 2.00 เมตร ที่เวลาหลังฉีดทันที และ 40 นาที หลังฉีด [$^{99\text{mTc}}$]- RBC

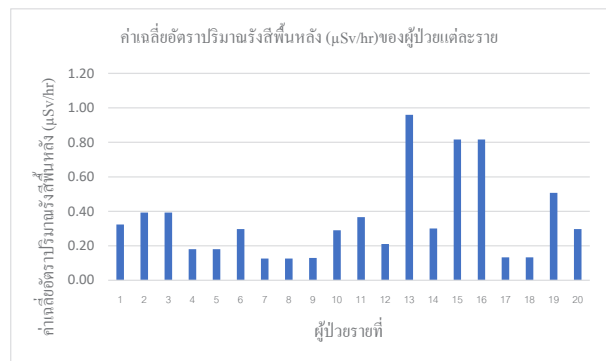
เวลา คือ เวลาที่นักรังสีการแพทย์ใช้ในการจัดทำนำผู้ป่วยลงจากเตียงหลังการตรวจเสร็จสิ้น หน่วยเป็นชั่วโมง (h) ในกรณีบุคคลใกล้ชิด เช่น ญาติที่กลับพร้อมผู้ป่วย เวลา คือ เวลาที่ใช้ในการเดินทางกลับบ้าน หน่วยเป็นชั่วโมง (h)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลเชิงปริมาณประกอบด้วย ค่าความแรงรังสีของ [$^{99\text{mTc}}$]- RBC ที่ฉีดให้กับผู้ป่วย (mCi) ค่าปริมาณรังสีพื้นหลังรายวัน ($\mu\text{Sv/hr}$) ระยะเวลาปฏิบัติงานใกล้ชิดผู้ป่วยของนักรังสีการแพทย์และผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์ ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางกลับของผู้ป่วย อัตราปริมาณรังสีที่แผ่ออกมาจากผู้ป่วย ($\mu\text{Sv/hr}$) และปริมาณรังสีที่บุคลากรและบุคคลใกล้ชิดผู้ป่วยได้รับภายหลังการตรวจ (μSv) ข้อมูลทั้งหมดนำเสนอในรูปแบบค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: SD) ปริมาณรังสีที่ได้รับถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าขีดจำกัดปริมาณรังสีต่อปีตามข้อกำหนด ICRP³ เพื่อประเมินความปลอดภัยของการได้รับรังสี

ผลการศึกษา

จากกลุ่มตัวอย่าง 20 ราย อายุเฉลี่ย 55 ± 9.77 ปี พบว่า ค่าความแรงรังสีของ [$^{99\text{mTc}}$]- RBC ที่ฉีดให้กับผู้ป่วยมีค่าเฉลี่ย 25.69 ± 2.18 mCi และค่าเฉลี่ยอัตราปริมาณรังสีพื้นหลังผู้ป่วยแต่ละรายเท่ากับ 0.35 ± 0.25 $\mu\text{Sv/hr}$ ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการตรวจ พบว่า นักรังสีการแพทย์ใช้เวลาในการจัดทำผู้ป่วยเฉลี่ย 2.85 ± 2.75 นาที และนำผู้ป่วยลงจากเตียงหลังตรวจเฉลี่ย 1.16 ± 0.56 นาที ขณะที่ผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์ใช้เวลาในการช่วยจัดทำผู้ป่วยเฉลี่ย 1.35 ± 0.77 นาที และช่วยนำผู้ป่วยลงจากเตียงเฉลี่ย 1.29 ± 0.52 นาที ผู้ป่วยใช้เวลาเดินทางกลับบ้านเฉลี่ย 44.25 ± 25.25 นาที มากที่สุด 120 นาที (ตารางที่ 1 และรูปที่ 3)



รูปที่ 3 กราฟค่าเฉลี่ยอัตราปริมาณรังสีพื้นหลัง ($\mu\text{Sv/hr}$) ของผู้ป่วยแต่ละราย

ตารางที่ 1 ข้อมูลเชิงปริมาณของปริมาณรังสีที่ใช้ และเวลาที่เจ้าหน้าที่ใช้ในการปฏิบัติงานกับผู้ป่วย

ข้อมูล	ค่าเฉลี่ย (mean $\pm$ S.D.)
- ค่าความแรงรังสีของ $[^{99m}\text{Tc}]$ - RBC ที่ฉีดให้กับผู้ป่วย (mCi)	25.69 $\pm$ 2.18
- ค่าปริมาณรังสีพื้นหลัง ($\mu\text{Sv/hr}$)	0.35 $\pm$ 0.25
- เวลาที่นักรังสีการแพทย์ใช้ในการจัดทำผู้ป่วย (นาที)	2.85 $\pm$ 2.75
- เวลาที่นักรังสีการแพทย์ใช้ในการนำผู้ป่วยลงจากเตียง หลังการตรวจเสร็จสิ้น (นาที)	1.16 $\pm$ 0.56
- เวลาที่ผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์ใช้ในการช่วยเหลือผู้ป่วยและผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์จัดทำผู้ป่วย (นาที)	1.35 $\pm$ 0.77
- เวลาที่ผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์ใช้ในการนำผู้ป่วยลงจากเตียงหลังการตรวจเสร็จสิ้น (นาที)	1.29 $\pm$ 0.52
- เวลาที่ใช้ในการเดินทางกลับบ้านของผู้ป่วย (นาที)	44.25 $\pm$ 25.25

ผลการศึกษาพบว่าค่าปริมาณรังสีเฉลี่ยที่แผ่ออกจากผู้ป่วยลดลงตามระยะห่างและระยะเวลาหลังฉีด $[^{99m}\text{Tc}]$ -RBC โดยค่าปริมาณรังสีเฉลี่ยสูงสุดวัดได้ทันทีหลังฉีดที่ระยะ 0.25 เมตร เท่ากับ $60.65 \pm 16.08 \mu\text{Sv/hr}$ และลดลงเหลือ

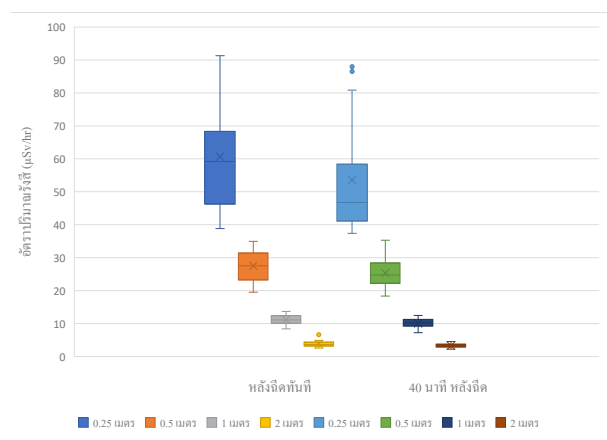
$3.84 \pm 0.89 \mu\text{Sv/hr}$ ที่ระยะ 2.00 เมตร ขณะที่เวลา 40 นาทีหลังฉีด ค่าดังกล่าวที่ระยะ 0.25 เมตร ลดลงเป็น $53.53 \pm 16.60 \mu\text{Sv/hr}$ และที่ระยะ 2.00 เมตร เหลือ $3.30 \pm 0.57 \mu\text{Sv/hr}$ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของอัตราปริมาณรังสีที่แผ่ออกมาจากผู้ป่วยที่ระยะห่างต่าง ๆ ช่วงเวลาหลังฉีด $[^{99m}\text{Tc}]$ - RBC ทันที และ 40 นาทีหลังฉีด

ระยะห่างจากผู้ป่วย (เมตร)	ค่าเฉลี่ยของอัตราปริมาณรังสี mean $\pm$ SD ($\mu\text{Sv/hr}$)	
	หลังฉีดทันที	40 นาทีหลังฉีด
0.25	60.65 ± 16.08	53.53 ± 16.60
0.5	27.53 ± 4.38	25.36 ± 4.52
1	11.20 ± 1.52	10.07 ± 1.33
2	3.84 ± 0.89	3.30 ± 0.57

ผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นว่าค่าปริมาณรังสีที่แผ่ออกจากผู้ป่วยลดลงตามระยะห่างและเวลาหลังฉีดสารเภสัชรังสีความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณรังสีกับระยะห่างและระยะเวลาหลังฉีด (รูปที่ 4)

ผลการคำนวณปริมาณรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานและบุคคลใกล้ชิดผู้ป่วยได้รับที่ระยะห่างและระยะเวลาต่างกัน พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีลดลงตามระยะห่างจากผู้ป่วย (ตารางที่ 3) โดยนักรังสีการแพทย์ได้รับปริมาณรังสีสูงสุดที่ระยะ 0.25 เมตร เท่ากับ $14.93 \mu\text{Sv}$ และค่าเฉลี่ย $3.90 \pm 3.03 \mu\text{Sv}$ ระยะ 0.50 เมตร ค่าสูงสุด $7.08 \mu\text{Sv}$ และค่าเฉลี่ย $1.80 \pm 1.39 \mu\text{Sv}$ ระยะ 1.00 เมตร ค่าสูงสุด $3.20 \mu\text{Sv}$ และค่าเฉลี่ย $0.73 \pm 0.62 \mu\text{Sv}$ และที่ระยะ 2.00 เมตร ค่าสูงสุด $1.18 \mu\text{Sv}$ และค่าเฉลี่ย $0.25 \pm 0.23 \mu\text{Sv}$



รูปที่ 4 กราฟรูปกล่อง (box plot) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปริมาณรังสีเฉลี่ยที่แผ่ออกมาจากผู้ป่วย ($\mu\text{Sv/hr}$) ตามระยะห่างต่างๆ ณ ช่วงเวลาทันทีหลังฉีด $[^{99m}\text{Tc}]$ - RBC และ 40 นาทีหลังฉีด

ตารางที่ 3 ค่าปริมาณรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานด้านรังสีได้รับ เมื่อต้องใกล้ชิดผู้ป่วยที่ระยะห่างต่าง ๆ

ผู้ได้รับรังสี	ระยะห่างจากผู้ป่วย (เมตร)	ค่าปริมาณรังสีสูงสุด (μSv)	Mean Dose ± SD (μSv)
นักรังสีการแพทย์	0.25	14.93	3.90 ± 3.03
	0.5	7.08	1.80 ± 1.39
	1	3.2	0.73 ± 0.62
	2	1.18	0.25 ± 0.23
ผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์	0.25	7.16	2.59 ± 1.67
	0.5	2.72	1.17 ± 0.61
	1	0.91	0.46 ± 0.21
	2	0.32	0.15 ± 0.07
บุคคลที่ใกล้ชิดผู้ป่วย	0.25	111.64	38.93 ± 25.08
	0.5	47.64	18.29 ± 10.15
	1	20.24	7.38 ± 4.27
	2	6.97	2.42 ± 1.43

ปริมาณรังสีที่ผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์ได้รับขณะใกล้ชิดผู้ป่วยที่ระยะห่างต่าง ๆ พบว่า ที่ระยะ 0.25 เมตร มีค่าสูงสุด 7.16 μSv และค่าเฉลี่ย 2.59 ± 1.67 μSv ระยะ 0.50 เมตร ค่าสูงสุด 2.72 μSv และค่าเฉลี่ย 1.17 ± 0.61 μSv ระยะ 1.00 เมตร ค่าสูงสุด 0.91 μSv และค่าเฉลี่ย 0.46 ± 0.21 μSv และที่ระยะ 2.00 เมตร ค่าสูงสุด 0.32 μSv และค่าเฉลี่ย 0.15 ± 0.07 μSv

สำหรับปริมาณรังสีที่ญาติผู้ป่วยหรือบุคคลทั่วไปได้รับ ซึ่งประเมินจากระยะเวลาเดินทางจากโรงพยาบาลถึงบ้าน เมื่อต้องใกล้ชิดผู้ป่วยในระยะต่าง ๆ พบว่า ที่ระยะ 0.25 เมตร มีค่าสูงสุด 111.64 μSv และค่าเฉลี่ย 38.93 ± 25.08 μSv, ระยะ 0.50 เมตร ค่าสูงสุด 47.64 μSv และค่าเฉลี่ย 18.29 ± 10.15 μSv, ระยะ 1.00 เมตร ค่าสูงสุด 20.24 μSv และค่าเฉลี่ย 7.38 ± 4.27 μSv และที่ระยะ 2.00 เมตร ค่าสูงสุด 6.97 μSv และค่าเฉลี่ย 2.42 ± 1.43 μSv

วิจารณ์

ผลการศึกษาพบว่าค่าปริมาณรังสีที่แผ่ออกจากผู้ป่วย มีค่าสูงสุดที่ระยะใกล้ที่สุดจากผู้ป่วย (0.25 เมตร) และทันทีหลังฉีดสารเภสัชรังสี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา⁴⁻⁸ ที่ระบุว่าปริมาณรังสีสูงสุดพบที่จุดใกล้แหล่งกำเนิดมากที่สุด โดยปริมาณรังสีลดลงเมื่อระยะห่างจากผู้ป่วยเพิ่มขึ้นและเวลาหลังฉีดผ่านไป เป็นผลจากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีการขับออกทางไต¹¹ และปัจจัยทางชีวภาพอื่นๆ ร่วมด้วย

เช่น ครึ่งชีวิตทางชีวภาพ (biological half-life) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wisetnan และคณะ⁷ ซึ่งกล่าวว่าการลดลงของปริมาณรังสีมีปัจจัยอื่นร่วม เช่น การกระจายตัวทางชีวภาพ และการขับถ่ายทางปัสสาวะ ทั้งนี้ ที่ระยะ 2.00 เมตร และเวลา 40 นาทีหลังฉีด ค่าปริมาณรังสีลดลงต่ำกว่า 10 μSv/hr อย่างไรก็ตาม ค่าปริมาณรังสีที่วัดได้ไม่เป็นไปตามสมการกฎกำลังสองผกผัน (inverse square law) เนื่องจากร่างกายผู้ป่วยมิใช่แหล่งกำเนิดรังสีแบบจุด (point source) ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญของสมการนี้¹⁰

ผลการศึกษาพบว่าค่าปริมาณรังสีเฉลี่ยที่นักรังสีการแพทย์ได้รับลดลงตามระยะห่างจากผู้ป่วย สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้า⁴⁻⁸ โดยนักรังสีการแพทย์ใช้เวลาปฏิบัติงานใกล้ผู้ป่วยมากที่สุดที่ระยะ 0.25 เมตร เนื่องจากต้องจัดทำผู้ป่วยติดอุปกรณ์ตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และควบคุมเครื่องถ่ายภาพ SPECT/CT เพื่อจัดตำแหน่งหัวใจให้อยู่ในตำแหน่งเหมาะสมต่อการตรวจ นอกจากนี้ ในกรณีผู้ป่วยนั่งรถเข็นหรือช่วยเหลือตัวเองไม่ได้ จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานต้องใช้เวลามากขึ้น

เมื่อคำนวณค่าปริมาณรังสีเฉลี่ยที่ได้รับต่อวันจากสถิติผู้ป่วย MUGA scan เฉลี่ย 4 ราย/วัน ที่โรงพยาบาลวชิรพยาบาล ปี พ.ศ. 2564 พบว่านักรังสีการแพทย์ได้รับปริมาณรังสีเฉลี่ยประมาณ 15.60 μSv และ 4.68 μSv สำหรับผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์ ซึ่งต่ำกว่าขีดจำกัดปริมาณรังสีสำหรับผู้ปฏิบัติงานตามข้อกำหนดของ ICRP (ไม่เกิน 80 μSv/วัน หรือ 20 mSv/ปี เฉลี่ย 5 ปี)³

สำหรับบุคคลใกล้ชิดผู้ป่วย ค่าปริมาณรังสีเฉลี่ยที่ระยะ 0.25 เมตร อยู่ที่ 38.93 μSv ซึ่งต่ำกว่าขีดจำกัดสำหรับประชาชนทั่วไป (1 mSv/ปี)³ ปริมาณรังสีที่ได้รับขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่อยู่ใกล้ผู้ป่วย ทั้งนี้ สารกัมมันตรังสีจะสลายตัวตามค่าครึ่งชีวิตทางกายภาพ ทางชีวภาพ และครึ่งชีวิตยังผล¹¹⁻¹³ โดยหลังฉีด 6 ชั่วโมง ปริมาณรังสีลดลงครึ่งหนึ่ง ผู้ป่วยจึงสามารถใกล้ชิดผู้อื่นได้โดยไม่ต้องรักษาระยะห่าง การดื่มน้ำมาก และปัสสาวะบ่อยช่วยเร่งการขับสารกัมมันตรังสี ลดปริมาณรังสีที่แผ่ออกจากร่างกายได้เร็วขึ้น^{6,11}

การลดการรับรังสีของผู้ปฏิบัติงานและบุคคลใกล้ชิด ควรปฏิบัติตามหลัก ALARA (as low as reasonably achievable) โดยลดระยะเวลา เพิ่มระยะห่าง และใช้เครื่องกำบังรังสีอย่างเหมาะสม การวางแผนการปฏิบัติงาน จึงควรมุ่งลดเวลาที่อยู่ใกล้ผู้ป่วยโดยไม่กระทบคุณภาพการดูแล ผลการศึกษาชิ้นนี้ยืนยันว่าปริมาณรังสีจากผู้ป่วยลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพิ่มระยะห่างและเวลาหลังฉีด สอดคล้องกับการสลายตัวของ Tc-99m และการขับออกทางไต¹¹⁻¹³ แม้ว่าการวัดรังสีด้วย survey meter จะมีประสิทธิภาพในการประเมินการรับรังสีโดยรวม แต่อาจไม่สะท้อนค่าที่แท้จริงเนื่องจากปัจจัยเฉพาะของผู้ป่วย เช่น การขับถ่ายสารเภสัชรังสี และค่าครึ่งชีวิตยังผล (effective half-life) ดังนั้น การใช้ค่าที่วัดได้ร่วมกับแบบจำลองหรือโปรแกรมคำนวณจะเพิ่มความแม่นยำในการประเมินรังสี และสนับสนุนมาตรการป้องกันที่เหมาะสมตามแนวทาง ICRP

สรุป

ผลการศึกษาจากผู้ป่วย 20 ราย พบว่าปริมาณรังสีสูงสุดวัดได้ทันทีหลังฉีดที่ระยะ 0.25 เมตร เท่ากับ $60.65 \pm 16.08 \mu\text{Sv/hr}$ ลดลงเหลือ $3.84 \pm 0.89 \mu\text{Sv/hr}$ ที่ระยะ 2.00 เมตร และเมื่อเวลาผ่านไป 40 นาที ค่าดังกล่าวลดลงเหลือ $53.53 \pm 16.60 \mu\text{Sv/hr}$ และ $3.30 \pm 0.57 \mu\text{Sv/hr}$ ตามลำดับ

ค่าปริมาณรังสีเฉลี่ยที่นักรังสีการแพทย์ได้รับ เท่ากับ $3.90 \pm 3.03 \mu\text{Sv}$ ที่ระยะ 0.25 เมตร และผู้ช่วยนักรังสีการแพทย์ได้รับ $2.59 \pm 1.67 \mu\text{Sv}$ ซึ่งลดลงตามระยะห่าง โดยปริมาณรังสีเฉลี่ยต่อวันที่คำนวณได้อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยตามข้อกำหนด ICRP สำหรับบุคคลใกล้ชิดผู้ป่วย พบค่าได้รับปริมาณรังสีเฉลี่ย $38.93 \pm 25.08 \mu\text{Sv}$ ที่ระยะ 0.25 เมตร ซึ่งต่ำกว่าขีดจำกัดสำหรับประชาชนทั่วไป

ผลการศึกษาชิ้นนี้ยืนยันว่าปริมาณรังสีที่แผ่ออกจากผู้ป่วยลดลงตามระยะห่างและระยะเวลาหลังฉีดสารเภสัชรังสีตามสลายตัวของ Tc-99m และการขับออกทางไต ทั้งนี้ การปฏิบัติงานควรยึดหลัก ALARA ในการจัดการความปลอดภัย

ทางรังสีแก่ผู้ปฏิบัติงานและบุคคลทั่วไป ทั้งนี้ แม้การวัดค่าด้วย survey meter จะมีประสิทธิภาพในการประเมินค่าการแผ่รังสีโดยรวม แต่อาจไม่สะท้อนค่าที่แท้จริงเนื่องจากปัจจัยเฉพาะของผู้ป่วย เช่น การขับถ่ายและค่าครึ่งชีวิตยังผล (effective half-life) จึงควรนำค่าที่วัดได้ไปใช้ร่วมกับการคำนวณหรือแบบจำลองเพิ่มเติมเพื่อประเมินรังสีอย่างแม่นยำและวางมาตรการป้องกันรังสีได้อย่างเหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ แผนกเวชศาสตร์นิวเคลียร์ คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล และขอขอบคุณ ภาควิชารังสีเทคนิค คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ เครื่องมือวัดรังสี

เอกสารอ้างอิง

1. Tanking C. Introduction to cardio-oncology: anthracyclines induced cardiotoxicity. J Chulabhorn Royal Acad 2021;3(2):71-9.
2. Yang SN, Sun SS, Zhang G, Chou KT, Lo SW, Chiou YR, et al. Left ventricular ejection fraction estimation using mutual information on technetium-99m multiple-gated SPECT scans. Biomed Eng Online 2015;14:119. doi:10.1186/s12938-015-0117-2.
3. International commission on radiological protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication No. 103. New York: Pergamon Press; 2007.
4. Bartlett ML. Estimated dose from diagnostic nuclear medicine patients to people outside the Nuclear Medicine department. Radiat Prot Dosimetry 2013;157(1):44-52. doi:10.1093/rpd/nct119.
5. Stenstad LI, Pedersen GA, Landmark AD, Brattheim B. Nuclear radiation dose to the surroundings from patients who are undergoing nuclear medicine examinations. Rad Open 2014;1:10-18. doi:10.7577/radopen.1196.

6. Cheebsumon P. Radiation dose obtained from whole body bone scans. *J DMS* 2020;45:148-53.
7. Wisetnan C, Awikunprasert P, Kaewsombat T, Molee P. Radiation emitted from patients undergoing nuclear medicine examination at Udonthani Cancer Hospital. *J Assoc Med Sci* 2021; 54:73-7.
8. Kim HS, Cho JH, Shin SG, Dong KR, Chung WK, Chung JE. A study on quantitative analysis of exposure dose caused by patient depending on time and distance in nuclear medicine examination. *Radiat Eff Defects Solids* 2012;168(1):80–7. doi:10.1080/10420150.2012.670859.
9. Dennis E. Inverse square law applied in radiation [Internet]. 2019 [cited Dec 6, 2024]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/331717578_inverse_square_law_applied_in_radiation
10. Udon Y. Inverse square law and radiation protection [Internet]. [cited Mar 23, 2022]. Available from: <http://nkc.tint.or.th/nkc5004/nkc5004k.html>
11. Gültekin SS, Sahmaran T. Importance of bladder radioactivity for radiation safety in nuclear medicine. *Mol Imaging Radionucl Ther* 2013;22(3):94–7. doi:10.4274/Mirt.18480.
12. Parihar AS, Chopra S, Prasad V. Nephrotoxicity after radionuclide therapies. *Transl Oncol* 2022;15(1):101295. doi:10.1016/j.tranon.2021.101295.
13. Bolch WE, Eckerman KF, Sgouros G, Thomas SR. MIRD pamphlet No. 21: A generalized schema for radiopharmaceutical dosimetry—standardization of nomenclature. *J Nucl Med* 2009;50(3):477–84. doi:10.2967/jnumed.108.056036.

The logo for Srinagarind Medical Journal (SMJ), consisting of the letters 'SMJ' in white inside a black oval.