

การศึกษาปริมาณรังสีและปริมาณรังสีกระเจิงจากการตรวจ ด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในหุ่นจำลอง

เขมิกา เกื้อพิทักษ์¹ จุฑามาศ ทนนานนท์¹ ปันस्ता อวิคุณประเสริฐ^{2,3}

สุนิสา แสงสว่าง³ จิรภัทร เรืองศรีตระกูล³ วิจิต ผึ้งกัน⁴ กิตติพงษ์ เกิดฤทธิ⁵

¹สาขาวิชารังสีวิทยา ศูนย์การแพทย์ปัญญานันทภิกขุชลประทาน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช

³สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

⁴กลุ่มมาตรฐานการวัดทางนิวเคลียร์และรังสี สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

⁵กองสาธารณสุขท้องถิ่น กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้อุปกรณ์วัดปริมาณรังสีชนิดไอเอสแอลเพื่อตรวจวัดปริมาณรังสีและรังสีกระเจิงจากการตรวจวินิจฉัยด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ การศึกษานี้จะใช้หุ่นจำลอง โดยติดอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีบนดวงตา ต่อมไทรอยด์ เต้านม ช่องท้อง ช่องท้องส่วนล่าง และบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์เพื่อวัดค่าปริมาณรังสีสมมูล ในการวัดปริมาณรังสีกระเจิงจะติดอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีกระเจิงไว้กับเสาที่วางรอบเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ผลการศึกษา พบว่า บริเวณช่องท้องส่วนล่างได้รับรังสีปริมาณสูงสุด 58 mSv จากการตรวจซีทีช่องท้องทั้งหมด สำหรับอวัยวะที่อยู่นอกลำรังสี เช่น เต้านม ต่อมไทรอยด์ ดวงตา ได้รับปริมาณรังสี 39.5 mSv, 2.22 mSv และ 0.59 mSv ตามลำดับ ปริมาณรังสีกระเจิงรอบเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ พบว่า บริเวณแกนหมุนมีปริมาณรังสี 0.87 mSv สูงกว่าบริเวณเตียง 0.02 mSv นอกจากนี้ ที่ความสูงระดับต่อมไทรอยด์มีค่าปริมาณรังสีกระเจิงวัดได้สูงกว่าที่ระดับอวัยวะสืบพันธุ์ การนำหลักการป้องกันอันตรายจากรังสีและหลัก As low as reasonably achievable มาใช้ จะช่วยลดอันตรายจากรังสีให้กับผู้ป่วย ผู้ปฏิบัติงานและญาติผู้ป่วยได้

คำสำคัญ: ปริมาณรังสี ปริมาณรังสีกระเจิง เอกซเรย์คอมพิวเตอร์

ผู้นิพนธ์ประสานงาน:

ปันस्ता อวิคุณประเสริฐ

ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล

มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช

ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

อีเมล: panatsada_a@hotmail.com

The study of radiation dose and radiation scattering from computed tomography in a model

Kemiga Kuepitak¹, Juthamas Thananon¹, Panatsada Awikunprasert^{2,3},
Sunisa Sangsawang³, Jirapart Rueangsitrakoon³, Vithit Pungkun⁴, Kittipong Keardrit⁵

¹Department of Radiology, Panyanantaphikkhu Chonprathan Medical Center, Srinakharinwirot University

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

³Department of Physics, Faculty of Science, Khon Kaen University

⁴Ionising Radiation Metrology Group, Office of Atoms for Peace

⁵Local Public Health Division, Department of Local Administration

Abstract

This study aimed to use Optically Stimulated Luminescent (OSL) dosimeter to measure the radiation dose and radiation dose distribution from CT scan. OSL dosimeters were placed on eyes, thyroid glands, breasts, abdomen, lower abdomen, and gonad to measure the equivalent dose. OSL dosimeters were attached to the column placed around the CT couch to measure the radiation dose distribution. The results showed that lower abdomen received the highest radiation doses (58 mSv) when examined with the whole abdomen protocol. The organs outside the primary beam such as breasts, thyroid glands, and eyes received the radiation dose of 39.5 mSv, 2.22 mSv, and 0.59 mSv, respectively. The radiation dose distribution from CT scan showed that the radiation dose around gantry area (0.87 mSv) was higher than the couch area (0.02 mSv). Moreover, the radiation dose distribution at thyroid gland level was higher than that measured at gonad level. Radiation protection as low as reasonably achievable principle can be applied to patients, staffs, and patient's relatives to prevent any radiation incident.

Keywords: radiation dose, radiation scattering, computed tomography

Corresponding Author:

Panatsada Awikunprasert

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

Samsen Road, Wachiraphayaban, Dusit, Bangkok, 10300 Thailand

E-mail: panatsada_a@hotmail.com

บทนำ

รังสีชนิดก่อก่อไอออน (ionizing radiation) ได้ถูกนำมาใช้ในการสร้างภาพทางการแพทย์เพื่อวินิจฉัยโรค ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำให้ผู้ป่วยเจ็บปวดน้อย เช่น การถ่ายภาพรังสีเอกซ์แบบทั่วไป (general x-ray imaging) การถ่ายภาพเต้านมด้วยรังสีเอกซ์ (mammography) การตรวจวินิจฉัยด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (computed tomography; CT) การตรวจด้วยเทคนิคฟลูออโรสโคปี (fluoroscopy) และการใช้รังสีร่วมรักษา (intervention radiology) รังสีเอกซ์ก่อให้เกิดประโยชน์ในด้านการแพทย์มากมาย แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้ผู้ป่วยได้รับรังสีที่มีปริมาณน้อยๆ ตั้งแต่ 0.001 - 0.01 มิลลิซีเวิร์ต (milliSieverts; mSv) จากการเอกซเรย์ทั่วไป เช่น การตรวจความหนาแน่นมวลกระดูก แขน ขา ทรวงอก ฟัน ไปจนถึง 1.2 - 15 mSv จากการตรวจวินิจฉัยด้วยเทคนิคฟลูออโรสโคปีและเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์¹ และปริมาณรังสีอาจสูงถึง 100 mSv หรือมากกว่านั้น ในกรณีที่ต้องมีการถ่ายภาพเอกซเรย์ซ้ำๆ เพื่อการเฝ้าติดตามโรค การรับรังสีเอกซ์แบบเฉียบพลันที่มีปริมาณต่ำในช่วง 10 - 50 mSv และการได้รับแบบไม่เฉียบพลันในปริมาณ 50 - 100 mSv เพิ่มความเสี่ยงในการเป็นมะเร็ง² การได้รับรังสีเอกซ์จากการวินิจฉัยในระหว่างตั้งครรภ์ (fetus exposure) ในปริมาณ 10 mSv จะเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งในวัยเด็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ³ แม้ว่าความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็งจะมีเพียงเล็กน้อยจากการถ่ายภาพรังสีทางการแพทย์ แต่จากรายงานการประเมินความเสี่ยง พบว่า การได้รับรังสีปริมาณต่ำๆ จากการถ่ายภาพทางรังสีมีโอกาสเกิดโรคมะเร็งชนิดอื่นๆ เช่น ต่อมไทรอยด์ หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ตับ ปอด เต้านม⁴ นอกจากนี้ มีผู้ป่วยหลายรายที่เข้ารับการตรวจวินิจฉัยด้วยการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์อยู่ในสภาพที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้

จำเป็นต้องได้รับความช่วยเหลืออย่างใกล้ชิดระหว่างการถ่ายภาพทางรังสีจากพยาบาลหรือเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์หรือญาติผู้ป่วย เช่น การใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจในผู้ป่วยฉุกเฉินหรือผู้ป่วยเด็กที่ไม่ให้ความร่วมมือ ทำให้บุคคลนั้นๆ ไม่อาจหลีกเลี่ยงการได้รับรังสีได้ อาจส่งผลให้ทั้งผู้ป่วยและผู้ปฏิบัติงานมีโอกาสเกิดต่อกระจกจากการได้รับรังสีปริมาณต่ำๆ ได้⁵ จำเป็นที่จะต้องตรวจวัดปริมาณรังสีจากการถ่ายภาพทางรังสีและปริมาณรังสีกระเจิงรอบๆ เครื่อง

การตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สามารถประเมินลักษณะทางกายวิภาคของอวัยวะต่างๆ โดยให้ภาพตัดขวางลำตัวของผู้ป่วย (cross section image) เป็นที่นิยมในการตรวจกรณีฉุกเฉินต่างๆ สามารถสร้างภาพจำลองสามมิติในบริเวณที่ต้องการวินิจฉัยให้ภาพที่มีความละเอียดสูงและใช้เวลาตรวจรวดเร็วกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องสร้างภาพเอ็มอาร์ไอ (Magnetic Resonance Imaging) อย่างไรก็ตาม ปริมาณรังสีจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์มีปริมาณที่มากเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องเอกซเรย์ทั่วไปและมีนัยสำคัญพอที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้งานในระยะยาวได้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณรังสีมีหลายแบบ เช่น แผ่นฟิล์ม ฟิล์มเรืองแสง สารกึ่งตัวนำ ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียต่างกัน โดยเฉพาะเรื่องราคา ความถูกต้องและความไวในการวัดปริมาณรังสี ระยะเวลาและกระบวนการที่ใช้ในการอ่านค่า อุปกรณ์วัดปริมาณรังสีโอเอสแอล (optically stimulated luminescent; OSL) มีข้อดี คือ สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของเครื่องวัดรังสี เพราะนอกจากจะสามารถใช้งานได้ทุกที่ง่ายต่อการออกแบบอุปกรณ์ให้มีลักษณะเหมาะสมกับการใช้งาน ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา โปร่งรังสีทำให้สามารถติดบนผิวหนังของผู้ป่วยหรือผู้ปฏิบัติงานโดยไม่รบกวนการถ่ายภาพทางรังสี⁵ ดังนั้น การตรวจวัดและทราบปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการ

ตรวจ และปริมาณรังสีกระเจิงที่กระจายรอบๆ เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ จะทำให้เกิดความตระหนักถึงความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นต่อผู้ป่วยและผู้ปฏิบัติงานสามารถนำไปประเมินและควบคุมปริมาณรังสีเพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานได้ อีกทั้งยังเป็นข้อมูลในการเลือกใช้รังสีและป้องกันอันตรายจากรังสีโดยใช้หลัก ALARA (as low as reasonable achievable)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อตรวจวัดปริมาณรังสีที่ได้จากการตรวจวินิจฉัยด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ตำแหน่งดวงตา ต่อมไทรอยด์ เต้านม ช่องท้องของหุ่นจำลอง และอวัยวะสืบพันธุ์
2. เพื่อตรวจวัดปริมาณรังสีกระเจิงรอบเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ระยะห่าง 0.15 เมตร และ 0.50 เมตร ที่ระดับความสูงของต่อมไทรอยด์ และอวัยวะสืบพันธุ์

วิธีการศึกษา

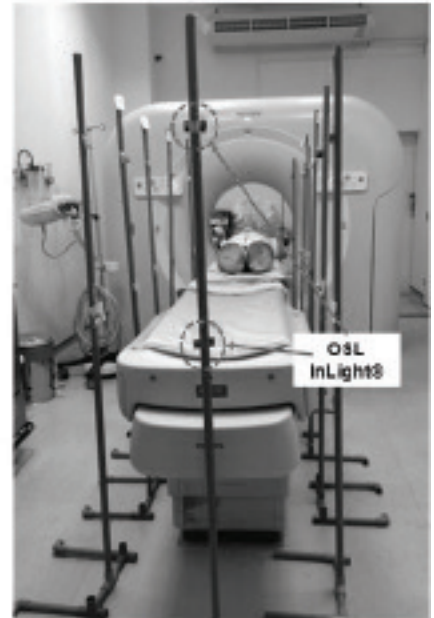
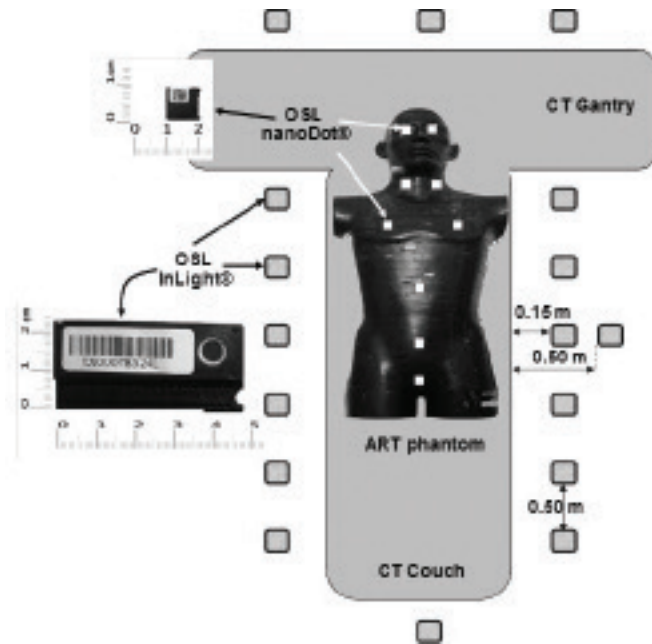
การวัดปริมาณรังสีจากการตรวจวินิจฉัยด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

นำอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL nanoDot™ ติดที่ตำแหน่งอวัยวะต่างๆ ตำแหน่งละ 1 แผ่น บนหุ่นเนื้อเยื่อจำลอง (The Alderson radiation therapy phantom; ART) ได้แก่ ดวงตาซ้ายและขวา ต่อมไทรอยด์ซ้ายและขวา เต้านมซ้ายและขวา บริเวณช่องท้อง บริเวณท้องน้อยเพื่อวัดปริมาณรังสีที่ตำแหน่งมดลูก และอวัยวะสืบพันธุ์ (รูปที่ 1) วางหุ่นจำลองในเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เพื่อวัดปริมาณรังสีที่ได้จากการตรวจด้วยเทคนิคเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมอง (CT brain) จากนั้น นำอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี

นาโนดอทไปอ่านค่า ทำการวัดปริมาณรังสีซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีสมมูลที่ตำแหน่งอวัยวะต่างๆ ทำการทดลองซ้ำแต่ใช้การสร้างภาพหุ่นจำลองที่ติดอุปกรณ์นาโนดอทด้วยโปรโตคอลของอวัยวะอื่น ได้แก่ คอ (CT neck) ทรวงอก (CT chest) ช่องท้องส่วนบน (CT upper abdomen) ช่องท้องทั้งหมด (CT whole abdomen)

การวัดปริมาณรังสีกระเจิงรอบเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการวัดปริมาณรังสีกระเจิงรอบเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จากการสร้างภาพด้วยเทคนิคต่างกัน 3 เทคนิค คือ ซีทีสมอง (CT brain) ซีทีคอ (CT neck) ซีทีทรวงอก (CT chest) โดยการติดตั้งเสาทำจากท่อพลาสติกครอบเตียงเอกซเรย์ จำนวน 16 ต้น โดยให้เสาห่างจากเตียงเอกซเรย์เป็นระยะ 0.15 เมตร เสาแต่ละต้นห่างกัน 0.50 เมตร จากนั้น นำอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL InLight® จำนวน 32 แผ่น ติดบนเสาพลาสติกที่ระดับความสูงจากพื้นห้องสองระดับคือ 1.40 เมตร (กำหนดเป็นระดับความสูงของต่อมไทรอยด์) และ 0.90 เมตร (กำหนดเป็นระดับความสูงของอวัยวะสืบพันธุ์) ดังรูปที่ 1 วางหุ่นเนื้อเยื่อจำลองมนุษย์บนเตียงเอกซเรย์และถ่ายภาพรังสีเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ด้วยเทคนิคดังกล่าว เนื่องจากรังสีกระเจิงมีปริมาณต่ำมาก ทำให้อุปกรณ์วัดรังสีไม่สามารถบันทึกค่าได้ จะใช้วิธีการถ่ายภาพรังสีด้วยเทคนิคเดิมซ้ำ 3 ครั้ง นำโอเอสแอลไปอ่านค่าและคำนวณค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีกระเจิงในตำแหน่งต่างๆ จากนั้น เปลี่ยนระยะห่างระหว่างเสาและเตียงเอกซเรย์เป็นระยะ 0.50 เมตร และทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง



รูปที่ 1 ตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL nanoDot™ บนหุ่นเนื้อเยื่อจำลอง เพื่อวัดปริมาณรังสีสมมูลที่อวัยวะต่างๆ และการติดตั้งอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี OSL InLight™ เพื่อวัดปริมาณรังสีกระเจิงรอบเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

ผลการศึกษา

ปริมาณรังสีจากการตรวจด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

ปริมาณรังสีสมมูลที่อวัยวะต่างๆ ได้รับจากการถ่ายภาพด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เทคนิคพบว่า อวัยวะที่อยู่ในบริเวณลำรังสีหลักจะได้รับรังสีมาก เช่น ปริมาณรังสีสมมูลที่ดวงตาได้รับจากการถ่ายภาพซีทีสมองมีค่าสูงถึง 39 mSv โดยตาซ้ายและขวาได้รับปริมาณรังสีใกล้เคียงกัน ในขณะที่การตรวจอื่นๆ ที่อวัยวะนั้นไม่ได้อยู่ในบริเวณลำรังสีหลัก ปริมาณรังสีจะลดลง อย่างไรก็ตาม อวัยวะที่อยู่นอกลำรังสีหลักก็ได้รับปริมาณรังสีสูง เช่น จากการตรวจ

ทรวงอก พบว่า ปริมาณรังสีสมมูลที่ต่อมไทรอยด์ได้รับมีค่าเท่ากับ 16 mSv และในการตรวจช่องท้องส่วนบน พบว่า ปริมาณรังสีสมมูลที่เต้านมได้รับมีค่าเท่ากับ 32 mSv นอกจากนี้ ในการถ่ายภาพในส่วนที่ร่างกายมีความหนาหลายๆ เช่น การถ่ายภาพรังสีช่องท้องทั้งหมด จำเป็นต้องใช้ปริมาณและพลังงานรังสีที่สูงขึ้น ทำให้ปริมาณรังสีสมมูลที่วัดได้บริเวณช่องท้อง บริเวณท้องน้อยและอวัยวะสืบพันธุ์ มีค่าสูงถึง 56 mSv, 58 mSv และ 46 mSv ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณรังสีสมมูลเฉลี่ยที่อวัยวะต่างๆ ได้รับจากการถ่ายภาพด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

ตำแหน่งที่ติดอุปกรณ์วัดรังสี OSL nanoDot™	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณรังสีสมมูล จากการถ่ายภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ด้วยเทคนิคต่างๆ (mSv)				
	Brain	Neck	Chest	Upper Abdomen	Whole Abdomen
ตาซ้าย	39.24±1.88	9.23±0.60	0.71±0.08	0.44±0.01	0.57±0.07
ตาขวา	38.61±2.29	9.14±0.95	0.74±0.11	0.49±0.00	0.61±0.09
ไทรอยด์ซ้าย	9.71±1.80	28.32±2.14	15.93±0.15	1.59±0.15	2.20±0.32
ไทรอยด์ขวา	9.47±1.21	29.11±1.77	16.53±0.42	1.60±0.10	2.24±0.64
เต้านมซ้าย	1.58±0.35	17.25±1.24	20.39±0.79	33.52±1.98	38.11±3.49
เต้านมขวา	1.69±0.43	17.31±1.58	24.72±3.36	31.14±6.63	40.91±2.71
ช่องท้อง	0.16±0.05	0.27±0.09	10.15±5.76	54.32±5.21	55.85±4.83
บริเวณท้องน้อย	0.11±0.01	0.15±0.04	0.72±0.05	21.03±12.91	58.18±5.31
บริเวณอวัยวะสืบพันธุ์	0.01±0.00	0.02±0.01	0.11±0.02	1.16±0.27	46.14±3.96

ปริมาณรังสีกระเจิงจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

ตารางที่ 2 แสดงผลการวัดปริมาณรังสีกระเจิงจากการตรวจวินิจฉัยจากทั้ง 3 เทคนิค ได้แก่ การตรวจซีทีสแกน ทรวงอก และคอ ที่ระยะห่างจากเตียง 0.15 เมตร และ 0.50 เมตร และที่ระดับความสูงจากพื้นห้อง 0.90 เมตร (แทนระดับความสูงของอวัยวะสืบพันธุ์) และ 1.40 เมตร (แทนระดับความสูงของต่อมไทรอยด์) และรูปที่ 2 แสดงการกระจายปริมาณรังสีรอบเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จากการตรวจทั้ง 3 เทคนิค ผลการศึกษา พบว่า บริเวณรอบๆ แกนหมุน (Gantry zone) มีปริมาณรังสีกระเจิงมากกว่าบริเวณรอบๆ เตียง (Couch zone) และบริเวณปลายเตียงมีปริมาณรังสีกระเจิงต่ำกว่าบริเวณหัวเตียงเนื่องจากเป็นบริเวณที่อยู่ห่างจากหลอดเอกซเรย์ โดยการตรวจด้วยเทคนิคซีทีสแกนให้ปริมาณรังสีกระเจิงต่อการตรวจสูงกว่าเทคนิคซีทีทรวงอกและซีทีคอ และเมื่อระยะห่างจากแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์เพิ่มขึ้น ปริมาณรังสีกระเจิงลดลง

การตรวจวัดปริมาณรังสีกระเจิงบริเวณรอบๆ Gantry ที่ระยะ 0.15 เมตร พบว่า ปริมาณรังสีกระเจิงด้านหน้า (front) ของ Gantry มีค่าปริมาณรังสีกระเจิงสูงกว่าบริเวณด้านหลัง (rear) Gantry แต่ระยะห่าง 0.50 เมตร พบว่า ที่ระดับความสูงของอวัยวะสืบพันธุ์มีปริมาณรังสีกระเจิงบริเวณด้านหน้าของ Gantry มากกว่าบริเวณด้านหลัง Gantry ในทางกลับกันที่ระดับความสูงของต่อมไทรอยด์บริเวณด้านหลัง Gantry มีปริมาณรังสีกระเจิงมากกว่าด้านหน้าสำหรับบริเวณรอบๆ เตียงเอกซเรย์ พบว่า บริเวณด้านหัวเตียง (head) ใกล้กับ Gantry ปริมาณรังสีกระเจิงด้านขวามือของเครื่องซีทีสูงกว่าด้านซ้ายมือ ส่วนบริเวณปลายเตียง (foot) ค่าปริมาณรังสีต่ำและมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 50.0 ไมโครซีเวิร์ต (microsieverts; μ Sv)

อภิปรายผล

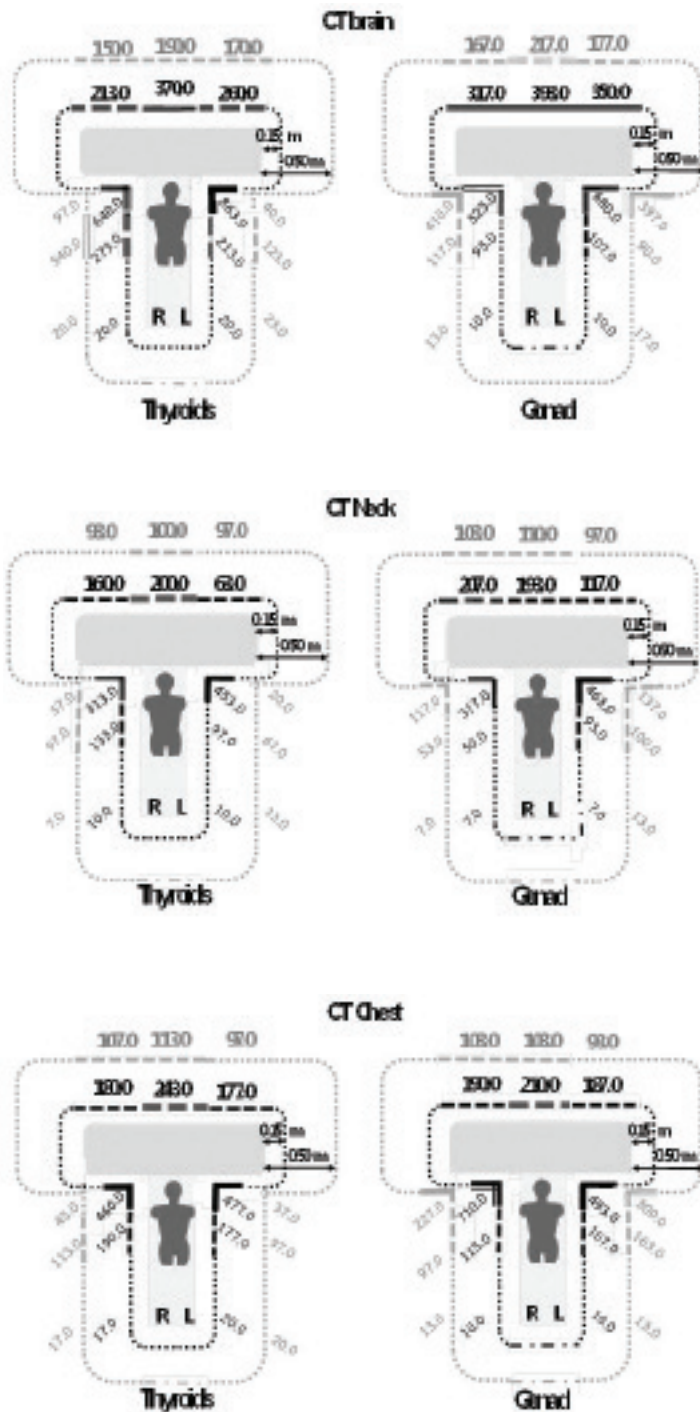
การศึกษาปริมาณรังสีที่ได้จากการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ครั้งนี้เป็นการศึกษาในหุ่นจำลองสมมูลเนื้อเยื่อแทนที่บุคคลจริง ตัวหุ่นมีความสูง 175 เซนติเมตร น้ำหนัก 73.5 กิโลกรัม จึงสามารถควบคุมปัจจัยทางด้านดัชนีมวลร่างกายและตำแหน่งที่ต้องการวัดปริมาณรังสีได้ อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณรังสีชนิดไอเอสแอลเป็นอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีที่มีความไวต่อรังสีสูง สามารถตรวจวัดได้ตั้งแต่ 50 μGy ไปจนถึง 1500 cGy มีขนาดเล็ก ราคาถูก สามารถนำมาวัดผลและใช้งานซ้ำได้หลายครั้ง⁶ จากรายงานคุณลักษณะของอุปกรณ์วัดรังสีไอเอสแอลชนิดนาโนดอทของสำนักรังสีและเครื่องมือแพทย์ยืนยันว่าอุปกรณ์ชนิดนี้สามารถนำมาใช้ในทางด้านรังสีวินิจฉัยได้ดี^{7,8} อย่างไรก็ตาม เครื่องอ่านนาโนดอทถูกสอบเทียบกับค่าศักย์ไฟฟ้าที่หลอดรังสีเอกซ์เท่ากับ 80 kVp ในการนำมาใช้วัดปริมาณรังสีจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่หลอดรังสีเอกซ์ที่ 120 kVp จำเป็นต้องนำค่าปรับแก้มาใช้คำนวณเพื่อให้ปริมาณรังสีที่วัดออกมาจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์มีความแม่นยำมากขึ้น^{6,9} นอกจากนี้ การเก็บข้อมูลปริมาณรังสีโดยใช้หุ่นจำลองสมมูลเนื้อเยื่อ Alderson phantom ถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีทีแอลดี (thermoluminescent dosimeter; TLD) ในการศึกษาครั้งนี้ ไม่สามารถนำอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีชนิดไอเอสแอลนาโนดอทไปติดตั้งตำแหน่งอวัยวะที่ต้องการวัดโดยตรงได้ ข้อมูลที่วัดออกมาจึงเป็นปริมาณรังสีสมมูลที่ผิวของร่างกาย (skin dose) ณ ตำแหน่งใกล้เคียงอวัยวะที่สนใจ

ปริมาณรังสีส่วนใหญ่ที่ร่างกายได้รับในแต่ละเทคนิคการตรวจจะอยู่ในบริเวณลำรังสีหลัก อวัยวะที่อยู่ห่างออกมาจากแหล่งกำเนิดรังสีจะได้รับปริมาณรังสีลดลง ปริมาณรังสีที่สูงที่สุดในพื้นที่สร้างภาพเป็นการตรวจด้วยเทคนิคซีทีช่องท้องทั้งหมด และส่งผลให้อวัยวะที่อยู่นอกลำรังสีหลักได้รับปริมาณสูงตามไปด้วย เมื่อนำปริมาณรังสีที่วัดได้เปรียบเทียบกับปริมาณรังสีทำให้เกิดผลเฉียบพลัน (Acute radiation effect) ที่ส่งผลถึงชีวิตเมื่อมนุษย์ได้รับปริมาณรังสี 3,000 - 6,000 mSv^{10} อาจจะดูน้อยมากจนไม่น่าจะมีผลกระทบต่อร่างกายมากนัก แต่ในปัจจุบันยังไม่มีรายงานฉบับใดระบุได้แน่ชัดถึงขีดจำกัดปริมาณรังสีที่มนุษย์ได้รับแล้วปลอดภัย เนื่องจากไม่สามารถทำการทดลองในมนุษย์ สำหรับผลเรื้อรังจากรังสี (Late radiation effect) งานวิจัยที่ศึกษาในหนูทดลองที่ได้รับปริมาณรังสีขนาดต่ำถึงปานกลาง ไม่ทำให้หนูทดลองเสียชีวิตโดยทันที แต่พบความผิดปกติอย่างเห็นได้ชัดที่ทางเดินอาหารและอวัยวะสืบพันธุ์ อายุขัยสั้นลง มีเนื้องอกเกิดขึ้นที่อวัยวะต่างๆ สูงกว่าปกติโดยเฉพาะที่ต่อมไร้ท่อ¹¹

สำหรับการกระจายปริมาณรังสีกระเจิงรอบๆ เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ทำให้ผู้ปฏิบัติงานทราบปริมาณรังสีกระเจิงที่ตำแหน่งต่างๆ สามารถประเมินความเสี่ยงของการได้รับรังสี และออกแบบแนวทางการป้องกันอันตรายจากรังสีให้กับตัวผู้ปฏิบัติงานเองและญาติผู้ป่วย เช่น อยู่ในตำแหน่งที่มีปริมาณรังสีต่ำ สวมเสื้อตะกั่วเพื่อป้องกันอันตรายจากรังสี

ตารางที่ 2 ปริมาณรังสีกระจายรอบเตียงเอกซเรย์จากการตรวจวินิจฉัยด้วยเทคนิคซีทีสแกนสมอง คอ และทรวงอก

CT scan		The scattered radiation dose from CT scan (μSv)																					
		Distance of 0.15 m									Distance of 0.50 m												
		Gantry zone			Couch zone			Gantry zone			Couch zone			Gantry zone			Couch zone						
Organs		Left		Right		Left		Right		Left		Right		Left		Right		Left		Right			
	Front	Rear	Front	Rear	Foot	Head	Foot	Head	Foot	Front	Rear	Foot	Head	Foot	Front	Rear	Foot	Head	Foot	Front	Rear	Foot	
Brain	Thyroid	863.0	260.0	640.0	213.0	213.0	20.0	273.0	20.0	40.0	170.0	97.0	150.0	123.0	23.0	397.0	410.0	167.0	90.0	17.0	117.0	13.0	20.0
	Gonad	680.0	350.0	523.0	316.0	107.0	10.0	93.0	10.0	397.0	177.0	410.0	167.0	90.0	17.0	117.0	13.0	20.0	7.0	13.0	13.0	20.0	7.0
Neck	Thyroid	45.0	63.0	313.0	160.0	97.0	10.0	113.0	10.0	20.0	97.0	37.0	93.0	67.0	13.0	97.0	37.0	93.0	67.0	13.0	97.0	7.0	7.0
	Gonad	463.0	117.0	317.0	207.0	93.0	7.0	50.0	7.0	137.0	97.0	117.0	103.0	100.0	13.0	117.0	103.0	100.0	13.0	13.0	53.0	7.0	7.0
Chest	Thyroid	477.0	177.0	460.0	180.0	177.0	20.0	190.0	17.0	37.0	97.0	43.0	107.0	97.0	20.0	43.0	107.0	97.0	20.0	20.0	113.0	17.0	17.0
	Gonad	493.0	187.0	710.0	190.0	107.0	10.0	113.0	10.0	300.0	93.0	227.0	103.0	163.0	13.0	227.0	103.0	163.0	13.0	13.0	97.0	13.0	13.0



รูปที่ 2 ปริมาณรังสีกระเจิง (หน่วย μSv) ที่ระยะห่างจากเตียงเอกซเรย์ 0.15 เมตรและ 0.50 เมตร จากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมอง (บน) คอ (กลาง) และทรวงอก (ล่าง) ที่ระดับความสูงของ ต่อมไทรอยด์ (ซ้าย) และที่ระดับความสูงของอวัยวะสืบพันธุ์ (ขวา)

สรุปผล

อุปกรณ์วัดปริมาณรังสีสามารถนำมาใช้เพื่อวัดปริมาณรังสีโดยติดที่ผิวหนังผู้ป่วย และวัดปริมาณรังสีกระเจิง แม้ว่า ในการตรวจวินิจฉัยด้วยการใช้รังสีจะทำให้ผู้ป่วยได้รับรังสี การตระหนักถึงหลักการ ALARA (As low as reasonably achievable)

References

1. Vakil C. Radiation and medical procedures: How do we do no harm? Can Fam Physician 2017;63(10):774-5.
2. Wall BF, Kendall GM, Edwards AA, et al. What are the risks from medical X-rays and other low dose radiation? Br J Radiol 2006;79(940):285-94.
3. Shamoun DY. Linear No-Threshold model and standards for protection against radiation. Regul Toxicol Pharmacol 2016;77:49-53.
4. Berrington de GA, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. Lancet (London, England) 2004;363(9406):345-51.
5. Donadille L, Carinou E, Brodecki M, et al. Staff eye lens and extremity exposure in interventional cardiology: Results of the ORAMED project. Radiat Meas 2011;46(11):1203-9.
6. LANDAUER. nanoDot™ Dosimeter: Patient Monitoring Solutions 2017 [cited 2018 February 9]. Available from: https://www.landauer.com/sites/default/files/product-specification-file/nanoDot_0.pdf.
7. Sakkantapinyo A, Awikunprasert P, Pungkun V. Measurements of Eye Lens Doses in Phantom Using Optically

รวมถึงการใช้หลักการป้องกันอันตรายจากรังสี โดยลดระยะเวลาที่ได้รับรังสี แต่เพิ่มระยะทางระหว่างต้นกำเนิดรังสีและบุคคลและใช้อุปกรณ์ป้องกันหรือวัสดุกำบังรังสีสำหรับเนื้อเยื่อและอวัยวะที่มีความไวต่อรังสี จะช่วยลดอันตรายจากรังสีให้กับผู้ป่วยปฏิบัติงานและผู้ป่วย¹²

Stimulated Luminescence (OSL) Dosimeter. Srinagarind Med J 2017; 32(5):427-34.

8. Tongruang C, Theirrattanakul S, Diswath W. Characterization of an optically stimulated luminescence nanoDot Dosimeters for Diagnostic Radiology. Bull Dept Med Sci 2016;58(3):141-8.
9. Clifford JY. Calibrating the microStar 2009 [cited 2017 May 18]. Available from: <https://pdfs.semanticscholar.org/d29d/e4a28e2e10314d20b92fc4ac75e88a3a1125.pdf>.
10. Stewart FA, Akleyev AV, Hauer-Jensen M, et al. ICRP publication 118: ICRP statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs-threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. Annals ICRP 2012;41(1-2): 1-322.
11. Colonel L, Berdjis CC. Protracted effects of repeated doses of X-ray irradiation in rats. Exp Mol Pathol 1963;2(2):157-72.
12. International atomic energy agency. Optimization of radiation protection in the control of occupational exposure, safety reports series No. 21. Vienna: IAEA; 2002.