

การวัดปริมาณรังสีที่ผิวจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ระบบดิจิทัล โดยใช้อุปกรณ์วัดรังสีโอเอสแอลชนิดนาโนดอท

ชญานิศ แก้วแสง วท.บ.*, ศิรินิษฐ์ สังข์ทอง วท.บ.*, สุทธิดา ทาคำสูง วท.บ.*, ศุภวิภู สุทธิพงษ์ Ph.D.*, พาชื่น ไพทิว ปร.ด.*,**
*ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
**หน่วยวิจัยภูมิคุ้มกันระดับเซลล์และโมเลกุล คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง
จังหวัดพิษณุโลก 65000

Abstract: The Measurement of Entrance Surface Air Kerma for Digital Radiography Using OSL NanoDot™ Dosimeter

Kaewsang C*, Sungthong S*, Tarkamsuk S, Sookpeng S* Potup P*,**

*Radiological Technology department, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University,
Muang Phitsanulok, 65000

**Cellular and Molecular Immunology Research Unit, Faculty of Allied Health Sciences,
Naresuan University, Muang Phitsanulok, 65000

(E-mail: pachuenp@nu.ac.th)

(Received: March 19, 2019; Revised: November 18, 2019; Accepted: December 16, 2019)

The assessment of entrance skin air kerma (ESAK) from radiographic examination can be performed either the calculation method recommended by International Atomic Energy Agency report no. 457, or the direct measurement using a dosimeter. The aims of this study were to measure the values of ESAK using Nanodot™ dosimeter and compare those with the calculation method and to measure doses for eye lens, thyroid gland and breast received from the examination. The six of most common radiographic examinations were performed using an adult female phantom. The routine exposure parameters used for the hospital were set. The results revealed that the values of ESAK for skull anteroposterior (AP) and lateral cross table, the chest posteroanterior (PA), Abdomen supine (AP) and upright (AP) and the pelvis AP were 1.51, 1.51, 0.16, 7.69, 1.33 and 8.03 milligray (mGy), respectively. The percentage differences between both methods were within $\pm 16.88\%$ the maximum doses for the eye lens, breast and thyroid gland received from the examinations were 1.52, 1.78 and 0.87 mGy, respectively. The values of ESAK from the measurement using Nanodot™ were lower than those from the calculation method. This was because the axis of nanodots™ was not perpendicular to the x-ray beam. The measured and calculated ESAKs for the skull and chest radiographs obtained in this study were lower than the dose level recommended by the department of medical sciences, Thailand but those for the abdomen and pelvis were higher. The exposure techniques can be further reviewed by the hospital authority in order to reduce doses for patients.

Keywords: Entrance skin air kerma (ESAK), Nanodot™, Digital radiography

บทคัดย่อ

ปริมาณรังสีที่ผิวจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ สามารถใช้วิธีการคำนวณตามรายงานที่ 457 ของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ หรือใช้การวัดรังสีโดยตรงจากเครื่องมือวัดรังสี การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดปริมาณรังสีที่ผิวโดยใช้เครื่องวัดรังสีชนิดนาโนดอทและเปรียบเทียบกับค่าที่ได้

จากการคำนวณ และวัดปริมาณรังสีกระเจิงที่เลนส์ตา ต่อมไทรอยด์ และเต้านมที่ถ่ายภาพเอกซเรย์ทั่วไปที่นิยมกระทำบ่อย 6 ท่า ในหุ่นจำลองผู้ใหญ่เพศหญิง และใช้ค่าพารามิเตอร์ตามโปรโตคอลการถ่ายภาพผู้ป่วย ผู้ใหญ่ ขนาดมาตรฐานของโรงพยาบาล และนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณรังสีที่

ผิวที่วัดโดยนาโนดอท จากการเอกซเรย์กะโหลกศีรษะทำตรงด้านหน้ามาด้านหลังและทำด้านข้าง ทรวงอกทำตรงด้านหลังมาด้านหน้า ช่องท้องทำอนตรงด้านหน้ามาด้านหลังและทำ ยืนตรงด้านหน้ามาด้านหลัง และเชิงกรานทำตรงด้านหน้ามาด้านหลัง มีค่าเท่ากับ 1.51, 1.51, 0.16, 7.69, 1.33 และ 8.03 มิลลิเกรย์ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างจากการคำนวณอยู่ในช่วง \pm ร้อยละ 16.88 ค่าปริมาณรังสีกระเจิงสูงสุดที่เลนส์ตา เต้านมและต่อมไทรอยด์ได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ เท่ากับ 1.52, 1.78 และ 0.87 มิลลิเกรย์ตามลำดับ ค่าที่ได้จากการวัดปริมาณรังสีด้วยเครื่องวัดรังสีซินดิโนดอท มีค่าต่ำกว่าที่ได้จากวิธีการคำนวณ เนื่องจากกระบวนในการรับรังสีไม่ตั้งฉากกับทิศทางของลำรังสี ค่าปริมาณรังสีที่ผิวได้จากงานศึกษาค้นนี้ต่ำกว่าปริมาณรังสีอ้างอิงจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ประเทศไทย ยกเว้นการถ่ายภาพช่องท้องและเชิงกราน ซึ่งโรงพยาบาลสามารถนำไปพิจารณาเพื่อปรับปรุงโปรโตคอลในการถ่ายภาพเพื่อลดปริมาณรังสีแก่ผู้ป่วยต่อไป

คำสำคัญ: ปริมาณรังสีที่ผิว เครื่องวัดรังสีซินดิโนดอท การถ่ายภาพเอกซเรย์ระบบดิจิทัล

บทนำ

การถ่ายภาพเอกซเรย์ทั่วไปเป็นการตรวจที่นิยมใช้เพื่อวินิจฉัยรอยโรคของอวัยวะภายใน หรือการแตกหักของกระดูก การจัดทำผู้ป่วยและการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม เช่น ค่าความต่างศักย์ และค่ากระแสหลอดและเวลา จะทำให้ภาพเอกซเรย์ที่ได้มีคุณภาพเพียงพอสำหรับการวินิจฉัยโรค¹ แต่ในปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีทางการถ่ายภาพเอกซเรย์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และปัจจุบันภาพที่ได้จากการเอกซเรย์จะอยู่ในรูปแบบของข้อมูลดิจิทัล ซึ่งสามารถปรับคุณภาพของภาพภายหลังการถ่ายภาพได้² จึงอาจส่งผลให้นักรังสีเทคนิคตระหนักถึงการใช้ค่าพารามิเตอร์ทางรังสีและปริมาณรังสีที่เหมาะสมกับผู้ป่วยน้อยลง ส่งผลให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็น ถึงแม้ปริมาณรังสีที่ใช้ในงานรังสีวินิจฉัยจะมีค่าน้อย แต่หากผู้ป่วยมีความจำเป็นที่จะต้องได้รับปริมาณรังสีจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ซ้ำหรือจากการรักษาทางการแพทย์เพิ่มเติม อาจจะทำให้ปริมาณรังสีสะสมในร่างกายผู้ป่วยเพิ่มสูงขึ้น และอาจเกิดผลของรังสีแบบไม่ชัดเจน (stochastic effect) เกิดขึ้นในอนาคตได้³ ดังนั้นนักรังสีเทคนิคควรระมัดระวังและตระหนักถึงปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยจะได้รับ โดยมีการใช้รังสีอย่างเหมาะสม ซึ่งนอกจากผู้ป่วยจะได้รับปริมาณรังสีโดยตรงจากรังสีปฐมภูมิแล้ว ยังมีรังสีทุติยภูมิหรือรังสีกระเจิงที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายภาพเอกซเรย์ ซึ่งจะส่งผลต่ออวัยวะที่อยู่ข้างเคียงและเพิ่มความเสี่ยงจากการได้รับรังสีอีกด้วย

การทราบค่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ เป็นหนทางหนึ่งที่จะนำไปสู่การพัฒนาการใช้รังสีอย่างเหมาะสม ซึ่งทบวงการประมาณระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency : IAEA) ได้แนะนำให้มีการประเมินปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ โดยวิธีที่นิยมใช้ในการประเมินปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ คือ การหาค่าปริมาณรังสีที่ผิว (Entrance Surface Air Kerma : ESAK) เนื่องจากสามารถหาได้ง่าย มีวิธีการหาที่หลากหลาย ทั้งการคำนวณจากสูตรที่แนะนำไว้ในรายงานฉบับที่ 457 ของทบวงการประมาณระหว่างประเทศ⁴ และการวัดโดยตรงโดยใช้หัววัดรังสีชนิดต่างๆ ซึ่งในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาอุปกรณ์วัดรังสีประเภทโอเอสแอล (Optical Stimulated Luminescent Dosimeter : OSL) ชนิด นาโนดอท (nanoDot™) ได้เข้ามามีบทบาทในการวัดปริมาณรังสีมากขึ้น ซึ่งข้อดีของนาโนดอทคือ มีขนาดเล็ก จึงสะดวกต่อการใช้งาน มีความไวต่อรังสี สามารถวิเคราะห์ค่าปริมาณรังสีซ้ำได้ มีความหนาแน่นใกล้เคียงกับร่างกายมนุษย์ จึงไม่เกิดสิ่งแปลกปลอมบนภาพเอกซเรย์⁵⁻⁷ จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นผู้ศึกษาจึงมีแนวคิดในการศึกษาการหาปริมาณรังสีที่ผิวได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ทั่วไปโดยใช้นาโนดอท วัดในหุ่นจำลอง ทั้งนี้เพื่อหาค่าปริมาณรังสีที่ผิวได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ระบบดิจิทัลจากวิธีการวัดด้วยนาโนดอท และการคำนวณตามสูตรของทบวงการประมาณระหว่างประเทศ และเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าปริมาณรังสีอ้างอิง นอกจากนี้งานศึกษาชิ้นนี้ยังศึกษาความเป็นไปได้ของนาโนดอทในการหาปริมาณรังสีที่ผิวได้รับ ทั้งนี้เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับหน่วยงานนำไปใช้ประยุกต์เพื่อหาแนวทางการใช้ปริมาณรังสีอย่างเหมาะสมให้กับผู้ป่วยต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่ผิวได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ทั่วไประหว่างการวัดโดยใช้นาโนดอทและการคำนวณ
2. เพื่อหาปริมาณรังสีกระเจิงที่เลนส์ตา ต่อมไทรอยด์และเต้านม
3. เพื่อเปรียบเทียบระดับปริมาณรังสีกับค่าอ้างอิงจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

วัตถุประสงค์และวิธีการ

เก็บข้อมูลปริมาณรังสีที่ผิวของหุ่นจำลองเพศหญิงจากการเอกซเรย์ทั่วไปโดยระบบดิจิทัลของเครื่องเอกซเรย์พร้อมเครื่องอ่านภาพในระบบคอมพิวเตอร์ของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก จากการถ่ายภาพเอกซเรย์ประจำ 6 ท่า ได้แก่ การเอกซเรย์กะโหลกศีรษะทำตรงด้านหน้า

มาด้านหลัง (skull AP) และทำด้านข้าง (skull lateral cross table) ทรวงอกทำตรงด้านหลังมาด้านหน้า (chest PA) ช่องท้องทำนอนตรงด้านหน้ามาด้านหลัง (abdomen AP supine) และทำยืน (abdomen AP upright) และเชิงกรานทำตรงด้านหน้ามาด้านหลัง (pelvis AP) (ตารางที่ 1) โดยอาศัยการวัดปริมาณรังสีด้วยอุปกรณ์วัดรังสีชนิด

นาโนดอท ชนิด $Al_2O_3:C$ ขนาด 1×1 ตารางเซนติเมตร และหนา 2 มิลลิเมตร และการคำนวณค่าปริมาณรังสีที่ผิวตามวิธีการในรายงานฉบับที่ 457 ของทบวงการประมาณระหว่างประเทศ โดยก่อนทำการเก็บข้อมูลจะทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องเอกซเรย์ตามขั้นตอนของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และวัดค่าความหนาครึ่งค่า (half value layer)

ตารางที่ 1 ค่าเทคนิคที่ใช้ในการถ่ายภาพเอกซเรย์ในท่าประจำ

ท่าที่ใช้ในการถ่ายภาพ	ค่าพารามิเตอร์					ขนาดแผ่นรับภาพ (นิ้ว ²)
	kVp	mA	ms	mAs	SID (ซม.)	
Skull AP	70	250	80	20	100	10X12
Skull lateral cross table	65	250	80	20	100	10X12
Chest PA upright	83	200	25	5	180	14X17
Abdomen AP supine	81	320	180	57.6	100	14X17
Abdomen AP upright	91	250	100	9	100	14X17
Pelvis AP	82	320	200	64	100	14X17

kVp = kilovoltage peak, mA = milliampere, ms = millisecond, mAs = milliampere-second, SID = source to image distance, AP = anteroposterior, PA = posteroanterior, ซม. = เซนติเมตร

การคำนวณค่าปริมาณรังสีที่ผิวโดยวิธีของทบวงการประมาณระหว่างประเทศ

โดยการวัด output ของเครื่องเอกซเรย์ด้วยหัววัดชนิดไอออนไนเซชัน และเครื่อง electrometer โดยจัดระยะจากจุดโฟกัสของหลอดเอกซเรย์ถึงแผ่นรับภาพ (Source to Image Distance : SID) เท่ากับ 100 เซนติเมตร จากนั้นวางหัววัดไอออนไนเซชันบน test stand แล้วจัดระยะจากจุดกำเนิดรังสีถึงหัววัดรังสี (Focal to Detector Distance : FDD) ให้เท่ากับ 50 เซนติเมตร จัดกึ่งกลางลำรังสีให้อยู่กึ่งกลางหัววัดไอออนไนเซชัน และเปิดลำรังสีให้คลุมปริมาตรของหัววัด ใช้

แผ่นตะกั่ววางบนเตียงเอกซเรย์ เพื่อลดการนับวัดรังสีกระเจิงที่สะท้อนกลับมายังหัววัด วางแผ่นตะกั่วลงบนเตียงเอกซเรย์ จากนั้นถ่ายเอกซเรย์ที่ค่าความต่างศักย์ต่างๆ ได้แก่ 60, 70, 80, 90 และ 100 kVp ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อให้ครอบคลุมค่าความต่างศักย์ที่ใช้งานเป็นประจำ (ตารางที่ 1) โดยกำหนดค่ากระแสหลอดและเวลาเท่ากับ 11 mAs ซึ่งแต่ละความต่างศักย์ทำการเอกซเรย์ทั้งหมด 5 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยของค่าปริมาณรังสีที่วัดได้ จากนั้นคำนวณค่า output หรือ Y(d) ในหน่วย mGy/mAs ดังสมการ

$$Y(d) = \frac{K(d)}{mAs}$$

เมื่อ	Y(d)	คือ ค่า output ณ ตำแหน่งหัววัดรังสีสำหรับค่าความต่างศักย์ใด ๆ
	K(d)	คือ ปริมาณรังสีเฉลี่ยในหน่วย mGy ที่อ่านได้จากหัววัดไอออนไนเซชัน คูณด้วยค่าแก้จากการสอบเทียบหัววัดรังสี (calibration factor)
	mAs	คือ ค่ากระแสหลอดและเวลาที่ใช้ในการหาค่า Output (11 mAs)

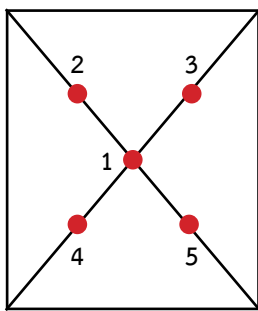
จากนั้นคำนวณค่าปริมาณรังสีที่ผิว หรือ ESAK จากการถ่ายภาพเอกซเรย์โดยค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ประจำ (ตารางที่ 1) ตามวิธีของทบวงการประมาณะระหว่างประเทศ ดังสมการ

$$ESAK = Y(d) \times mAs \times \left[\frac{FDD}{FFD - t_p - t_b} \right]^2 \times BSF$$

เมื่อ	Y(d)	คือ ค่า output ณ ตำแหน่งหัววัดรังสีสำหรับค่าความต่างศักย์ใด ๆ
	mAs	คือ ค่ากระแสหลอดและเวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพ (ตารางที่ 1)
	FDD	คือ ระยะห่างระหว่างจุดโฟกัสของหลอดเอกซเรย์ถึงกึ่งกลางหัววัดรังสี (เซนติเมตร)
	FFD	คือ ระยะห่างระหว่างจุดโฟกัสของหลอดเอกซเรย์ถึงอุปกรณ์รับภาพ (เซนติเมตร)
	t _p	คือ ความหนาของอวัยวะส่วนที่ถ่าย (เซนติเมตร)
	t _b	คือ ระยะห่างระหว่างเตียงถึงอุปกรณ์รับภาพ
	BSF	คือ ค่าแก้ของรังสีกระเจิงย้อนกลับตามค่า HVL และขนาด field size

การวัดค่าปริมาณรังสีที่ผิวและปริมาณรังสีกระเจิงที่เลนส์ตา ต่อมไทรอยด์ และเต้านมโดยนาโนดอท

การวัดค่าปริมาณรังสีที่ผิวจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ จะทำโดยการติดยานาโนดอท จำนวน 5 ตัว ลงบนผิวของหุ่นจำลอง โดยหากเปิดพื้นที่ลำรังสี ขนาด 10X12 ตารางนิ้ว จะติดยานาโนดอท 1 ตัว ไว้จุดกึ่งกลางลำรังสี และอีก 4 ตัว ติดห่างจากจุดกึ่งกลางออกมาตามแนวทแยงมุม 3.9 นิ้ว และหากเปิด field size ขนาด 14 X 17 ตารางนิ้ว จะติดยานาโนดอท 1 ตัว ไว้จุดกึ่งกลางลำรังสี และอีก 4 ตัว ติดห่างจากจุดกึ่งกลางออกมาตามแนวทแยงมุม 5.5 นิ้ว (ภาพที่ 1) ทั้งนี้ยกเว้นในท่า Skull Lateral Cross table ซึ่งจะติดยานาโนดอทจำนวน 3 ตัว โดย 1 ตัว ไว้จุดกึ่งกลางลำรังสี และอีก 2 ตัว ติดห่างจากจุดกึ่งกลางออกมาตามแนวทแยงมุม 3.9 นิ้วซึ่งจะอยู่บริเวณด้านหลังของหัวของหุ่นจำลอง



ภาพที่ 1 ตำแหน่งการวางนาโนดอทจำนวน 5 ตัว ภายในขอบเขตลำรังสี

สำหรับการวัดปริมาณรังสีกระเจิงจากการถ่ายภาพ Skull ท่า AP และ ท่า lateral cross table จะวัดที่ตำแหน่งเลนส์ตาทั้งสองข้าง ข้างละ 1 ตัว และตำแหน่งต่อมไทรอยด์ 1 ตัว การถ่ายภาพ Chest ท่า PA วัดที่ตำแหน่งต่อมไทรอยด์ 1 ตัว และตำแหน่งเต้านมทั้งสองข้าง ส่วนการถ่ายภาพเอกซเรย์ Abdomen ท่า AP supine และ AP upright จะวัดที่ตำแหน่ง

เต้านมทั้งสองข้าง ตัวอย่างการติดยานาโนดอทของการถ่ายภาพเอกซเรย์ abdomen (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ตำแหน่งที่วางนาโนดอทเพื่อวัดปริมาณรังสีที่ผิวและปริมาณรังสีที่ผิวที่เต้านมได้รับในท่า abdomen AP supine

ในการอ่านค่าปริมาณรังสีจากนาโนดอทแต่ละตัวจะอ่านค่า 3 ครั้ง โดยใช้เครื่องอ่าน Microstar โดยใช้ค่าแก้ความไว (sensitivity) ของการตอบสนองของนาโนดอทแต่ละตัวซึ่งเป็นค่าเฉพาะที่บริษัทผู้ผลิตเป็นผู้สอบเทียบก่อนการใช้งาน และค่าแก้การตอบสนองต่อพลังงาน (energy dependence)⁸ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.88-1.06 สำหรับพลังงานในช่วง 60 kVp – 100 kVp (ตารางที่ 2) ทั้งนี้จะทำการลบค่าปริมาณรังสีที่ได้ออกจากค่าปริมาณรังสีพื้นหลัง (background) เมื่ออ่านค่าปริมาณรังสีจากนาโนดอททั้งหมดแล้วจะเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีที่ผิวได้รับจากการวัดโดยใช้นาโนดอท และการคำนวณจากสูตร โดยใช้ร้อยละความคลาดเคลื่อน (percentage error) ดังสมการ

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{\text{ค่าที่ได้จากการวัดปริมาณรังสีที่ผิว} - \text{ค่าที่ได้จากการคำนวณ}}{\text{ค่าที่ได้จากการคำนวณ}} \times 100$$

และทำการเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่ผิวจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ที่ได้จากงานวิจัยกับค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

ตารางที่ 2 ค่า HVL ที่ความต่างศักย์ 60, 70, 80, 90 และ 100 kVp

kVp	HVL	keV	ค่าแก้การตอบสนองต่อพลังงาน
60	2.63	32	0.88
70	2.95	34	0.91
80	3.40	37	1.00
90	3.82	38	1.02
100	4.15	39	1.06

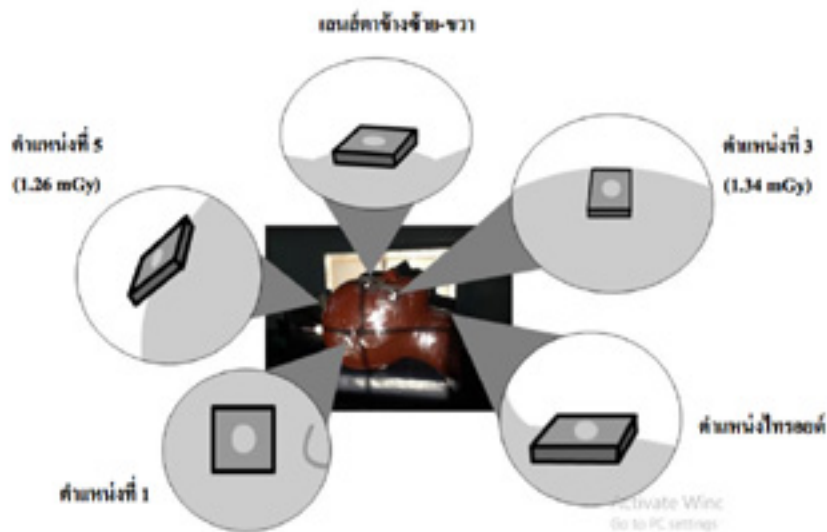
kVp = kilovoltage peak, HVL = half value layer, keV = kiloelectron volt

ผล

ค่าปริมาณรังสีที่ผิวจากการถ่ายเอกซเรย์ในแต่ละท่า ซึ่งวัดได้ตรงตำแหน่งกึ่งกลางลำรังสี และค่าเฉลี่ยจากทั้ง 5 ตำแหน่ง และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งวัดได้จากนาโนดอท และการคำนวณ (ตารางที่ 3) โดยพบว่าปริมาณรังสีตรงตำแหน่งกึ่งกลางลำรังสีมีค่ามากที่สุด ในการถ่ายภาพกะโหลกศีรษะท่า AP และ lateral, ทรวงอกท่า PA, ช่องท้องท่า AP supine และ upright (AP) และเชิงกราน ท่า AP มีค่า 1.51, 1.51, 0.16, 7.69, 1.33 และ 8.03 mGy ตามลำดับ

ผลการวัดปริมาณรังสีกระเจิงที่เลนส์ตา ต่อมไทรอยด์ และเต้านมได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ (ตารางที่ 4) โดยพบว่า ค่าปริมาณรังสีสูงสุดที่ผิวของเลนส์ตามีค่าเท่ากับ 1.52 และ 1.14 mGy ในการถ่ายภาพกะโหลกศีรษะ ท่า AP และ lateral cross table ซึ่งหันด้านขวาของหุ่นจำลองใกล้หลอดเอกซเรย์ ค่าปริมาณรังสีสูงสุดที่ผิวของต่อมไทรอยด์มีค่าเท่ากับ 0.87, 0.18 และ 0.01 mGy ในการถ่ายภาพกะโหลกศีรษะ ท่า AP และ lateral cross table และ ปอดท่า PA upright ตาม

ลำดับ ส่วนค่าปริมาณรังสีสูงสุดที่ผิวของเต้านมมีค่าเท่ากับ 0.01, 1.78 และ 0.10 mGy ในการถ่ายภาพเอกซเรย์ทรวงอกท่า PA upright, ช่องท้องท่า AP supine และ AP upright ตามลำดับ และผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีที่ผิวกับค่าอ้างอิงจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ พบว่าค่าปริมาณรังสีที่ผิวที่ได้จากงานศึกษานี้มีค่าต่ำกว่าค่าอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ยกเว้นการถ่ายภาพเอกซเรย์ช่องท้องท่า AP supine และเชิงกรานท่า AP (ตารางที่ 5) ทั้งนี้ปริมาณรังสีที่ผิวซึ่งวัดจากนาโนดอททั้ง 5 ตำแหน่งของแต่ละท่าการถ่ายเอกซเรย์ทั่วไปในท่า skull AP, chest PA upright, abdomen AP supine, abdomen AP upright และ pelvis AP และปริมาณรังสีที่ผิวซึ่งวัดจากนาโนดอททั้ง 3 ตำแหน่งของท่า skull lateral Cross table (ภาพที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่ตำแหน่งกึ่งกลาง (หมายเลข 1) ของตำแหน่งนาโนดอทซึ่งเป็นตำแหน่งที่วัดค่าได้สูงสุด พบว่ามีความแตกต่างสูงสุด คิดเป็นความคลาดเคลื่อนร้อยละ- 29 (ตารางที่ 6)



ภาพที่ 3 ลักษณะการวางตัวของอุปกรณ์วัดรังสีนาโนดอท ในระนาบของหุ่นจำลองในการถ่ายภาพ skull ท่า lateral cross table

ตารางที่ 3 ปริมาณรังสีที่ผิวหนังซึ่งวัดจากนาโนดอทและจากการคำนวณ

ท่าถ่ายภาพเอกซเรย์	ปริมาณรังสีที่ผิวได้รับ (mGy)				ความคลาดเคลื่อน* (ร้อยละ)
	นาโนดอท		คำนวณ		
	ตำแหน่งกึ่งกลางลำรังสี	mean±SD	ตำแหน่งกึ่งกลางลำรังสี	mean±SD	
Skull AP	1.51	1.33±0.16	1.56	1.46± 0.07	-3.21
Skull lateral cross table	1.51	1.37±0.13	1.71	1.69± 0.02	-11.70
Chest PA upright	0.16	0.16±0.01	0.17	0.17± 0.00	-5.88
Abdomen AP supine	7.69	6.65± 0.92	7.59	7.70± 0.08	1.32
Abdomen AP upright	1.33	1.16±0.20	1.60	1.65 ± 0.09	-16.88
Pelvis AP	8.03	6.79±0.98	9.11	8.78± 0.35	-11.86

*ความแตกต่างที่ตำแหน่งกึ่งกลางลำรังสี

mGy = milligray, SD = standard deviation, AP = anteroposterior, PA = posteroanterior

ตารางที่ 4 ปริมาณรังสีกระเจิงที่เลนส์ตา ไทรอยด์ และเต้านม

ท่าถ่ายภาพเอกซเรย์	ตำแหน่งที่วัดรังสีกระเจิง	ปริมาณรังสีกระเจิง (mGy)
Skull AP	เลนส์ตาข้างซ้าย	1.52
	เลนส์ตาข้างขวา	1.49
	ไทรอยด์	0.87
Skull lateral cross table	เลนส์ตาข้างซ้าย	0.62
	เลนส์ตาข้างขวา	1.14
	ไทรอยด์	0.18
Chest PA upright	เต้านมข้างซ้าย	0.01
	เต้านมข้างขวา	0.01
	ไทรอยด์	0.01
Abdomen AP supine	เต้านมข้างซ้าย	1.56
	เต้านมข้างขวา	1.78
Abdomen AP upright	เต้านมข้างซ้าย	0.08
	เต้านมข้างขวา	0.10

mGy = milligray, AP = anteroposterior, PA = posteroanterior

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีที่ผิวกับค่าอ้างอิงจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

การถ่ายภาพเอกซเรย์	ปริมาณรังสีอ้างอิง กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (mGy)	ปริมาณรังสีที่ได้จากงานวิจัย (mGy)	
		นาโนดอท	คำนวณ
Skull AP	2.62	1.51	1.56
Skull lateral cross table	2.10	1.51	1.71
Chest PA upright	0.29	0.16	0.17
Abdomen AP supine	3.80	7.69	7.59
Abdomen AP upright		1.33	1.60
Pelvis AP	3.11	8.03	9.11

mGy = milligray, AP = anteroposterior, PA = posteroanterior

ตารางที่ 6 ปริมาณรังสีที่ผิวซึ่งวัดจากนาโนดอททั้ง 5 ตำแหน่งของแต่ละท่าการถ่ายภาพเอกซเรย์ทั่วไป เมื่อเทียบกับปริมาณรังสีที่ตำแหน่งกึ่งกลาง (หมายเลข 1)

ท่าถ่ายภาพเอกซเรย์	ปริมาณรังสีที่ผิวที่ได้รับ (mGy)						ความคลาดเคลื่อน* (ร้อยละ)
	ตำแหน่งนาโนดอท					mean±SD	
	1 (กึ่งกลาง)	2	3	4	5		
Skull AP	1.51	1.40	1.41	1.17	1.14	1.33±0.16	-24.50
Skull lateral cross table	1.51	-	1.34	-	1.26	1.37±0.13	-16.56
Chest PA upright	0.16	0.15	0.15	0.16	0.16	0.16±0.01	-6.25
Abdomen AP supine	7.69	6.68	7.40	5.60	5.86	6.65± 0.92	-27.18
Abdomen AP upright	1.33	0.94	0.95	1.33	1.26	1.16±0.20	-29.32
Pelvis AP	8.03	7.12	7.22	5.82	5.76	6.79±0.98	-28.27

*ความแตกต่างสูงสุด เมื่อเทียบกับปริมาณรังสีที่ตำแหน่งกึ่งกลาง (หมายเลข 1)

mGy = milligray, SD = standard deviation, AP = anteroposterior, PA = posteroanterior

วิจารณ์

ผลการศึกษาพบว่าค่าปริมาณรังสีที่ผิวที่วัดได้จากนาโนดอท ทั้ง 5 ตำแหน่งของแต่ละท่าการถ่ายภาพเอกซเรย์ทั่วไป มีความแปรปรวนอยู่ในช่วงร้อยละ -29 เมื่อเทียบกับปริมาณรังสีที่ตำแหน่งกึ่งกลาง (หมายเลข 1) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่วัดค่าได้สูงสุด ซึ่งผู้ศึกษาคิดว่าอาจเป็นผลมาจากสาเหตุที่สำคัญสองประการ คือประการแรกเกิดจาก heel effect ซึ่งจะส่งผลต่อค่าปริมาณรังสีที่ผิวที่วัดได้ โดยนาโนดอทที่ติดอยู่ในด้านแอโนดหรือขั้วบวกของหลอดเอกซเรย์จะได้รับปริมาณรังสีน้อย

กว่าด้านแคโทดหรือขั้วลบของหลอดเอกซเรย์ ซึ่งสอดคล้องกับงานศึกษาของ Fung⁹ โดยพบว่าค่าปริมาณรังสีที่ด้านแคโทดมีค่าสูงกว่าปริมาณรังสีที่ด้านแอโนด ประการที่สองคือ angular dependence เนื่องจากสรีระของหุ่นจำลองมีโค้งเว้า ทำให้นาโนดอทแต่ละตัวไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน นาโนดอทที่วางตั้งฉากกับลำรังสีจะได้รับปริมาณรังสีมากกว่า ในขณะที่นาโนดอทตัวที่ไม่ตั้งฉากกับลำรังสีจะมีพื้นที่ในการรับรังสีน้อยกว่า อีกทั้งยังเกิดการลดทอนปริมาณรังสีจากตัวตลับพลาสติกของนาโนดอท ซึ่งสอดคล้องกับงานศึกษาของ Okazaki¹⁰ พบว่า ระนาบของ

นาโนดอทที่วางทำมุม 90 องศากับลำรังสีจะทำให้ประสิทธิภาพในการวัดรังสีของนาโนดอท ลดลงเหลือร้อยละ 80 เมื่อเทียบกับนาโนดอทที่ตั้งฉากกับลำรังสี อย่างไรก็ตาม ดีที่สุดในกรณีของการวัดจะมีผลต่อ angular dependence ด้วยเช่นกัน โดยในสถานะที่มีรังสีกระเจิง เช่น การวัดภายในหุ่นจำลอง ประสิทธิภาพในการรับรังสีของนาโนดอทจะขึ้นกับขนาดในการรับรังสี มากกว่าสถานะที่ไม่มีรังสีกระเจิง⁹ เช่น การวัดในอากาศ ซึ่งในงานศึกษานี้เป็นสถานะที่นาโนดอทถูกวางในอากาศบนผิวหุ่นจำลอง ประสิทธิภาพในการวัดรังสีของนาโนดอท เนื่องจาก angular dependence จึงควรมีค่าไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าค่าที่วัดได้น้อยลงไม่เกินร้อยละ 20

การเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่วัดได้จากนาโนดอทและการคำนวณโดยสูตร พบว่าปริมาณรังสีที่วัดได้จากนาโนดอทมีค่าที่น้อยกว่าปริมาณรังสีที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งผู้ศึกษาคิดว่าเป็นผลมาจากทิศทางของลำรังสี หรือ angular dependence เช่นกัน โดยจะส่งผลให้นาโนดอทวัดค่าปริมาณรังสีที่ผิวได้น้อยลง เมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างปริมาณรังสีที่วัดได้จากนาโนดอท และการคำนวณจากสูตรของทบวงการประมาณระหว่างประเทศ ณ ตำแหน่งจุดกึ่งกลางลำรังสี ซึ่งนาโนดอทตั้งฉากกับทิศทางของลำรังสี ก็ยังพบว่ามีความแตกต่างอยู่ในช่วงความคลาดเคลื่อนร้อยละ ± 1.32 ถึง 16.88 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาตรและพื้นที่ในการรับรังสีของนาโนดอทมีค่าน้อยกว่าหัววัดไอออนไนเซชันที่สามารถสามารถนับวัดปริมาณรังสีได้จากทิศทางเกือบ 360 องศา อย่างไรก็ตามการใช้นาโนดอทเพื่อวัดปริมาณรังสีที่ผิวเป็นวิธีการที่ง่าย และทราบค่าปริมาณรังสีที่ผิวได้โดยตรง แต่ผู้ใช้งานจำเป็นต้องคำนึงถึงค่าแก้การตอบสนองต่างๆ ของนาโนดอทด้วย เช่น การตอบสนองต่อปริมาณรังสี ค่าการจางหายของสัญญาณ ค่าการตอบสนองเชิงมุม เป็นต้น ซึ่งงานศึกษาชิ้นนี้ไม่มีการแก้ไขการตอบสนองของ นาโนดอทซึ่งเป็นผลมาจากทิศทางของลำรังสี

ค่าปริมาณรังสีกระเจิงสูงสุดที่ผิวบริเวณเลนส์ตาจากการถ่ายภาพเอกซเรย์กะโหลกศีรษะท่า AP และ lateral cross table มีค่าเท่ากับ 1.52 mGy และในการถ่ายภาพเอกซเรย์ในท่า lateral cross table เลนส์ตาข้างขวาได้รับปริมาณรังสีมากกว่าเลนส์ตาข้างซ้าย เนื่องจากอยู่ใกล้หลอดเอกซเรย์มากกว่า อย่างไรก็ตาม ปริมาณรังสีกระเจิงที่ผิวบริเวณเลนส์ตามีค่าต่ำกว่า threshold dose ของการเกิดต้อกระจก (cataract) ที่กำหนดโดย ICRP และมีค่าเท่ากับ 500 mGy¹¹ เมื่อนำค่าปริมาณรังสีที่ผิวที่ได้รับของเลนส์ตามาเปรียบเทียบกับงานศึกษาอื่น พบว่า ในการถ่ายเอกซเรย์กะโหลกศีรษะท่า lateral cross table ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีที่ผิวที่ได้รับของเลนส์ตาข้างซ้ายและขวามีค่ามากกว่างานวิจัยของ Mohammed¹²

ที่ทำการคำนวณค่าปริมาณรังสีที่ผิวที่ได้รับของเลนส์ตาในการถ่ายเอกซเรย์กะโหลกศีรษะท่า lateral โดยใช้โปรแกรม Xdose ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการใช้ค่ากระแสหลอดที่สูงกว่าค่าปริมาณรังสีที่ผิวบริเวณต่อมไทรอยด์ในการถ่ายภาพกะโหลกศีรษะ ท่า AP และ lateral cross table และทรงอกท่า PA upright มีค่าเท่ากับ 0.87, 0.18 และ 0.01 mGy ตามลำดับ ส่วนค่าปริมาณรังสีที่ผิวของเต้านมจากการถ่ายภาพช่องท้องท่า AP supine พบว่าค่าปริมาณรังสีที่ผิวที่ได้รับของเต้านมข้างซ้ายและขวามีค่าใกล้เคียงกันคือ 1.56 และ 1.78 mGy ตามลำดับ ส่วนในถ่ายภาพช่องท้องท่า AP upright ค่าปริมาณรังสีที่ผิวที่ได้รับของเต้านมข้างซ้ายและขวามีค่าเท่ากับ 0.08 และ 0.10 mGy และการถ่ายภาพทรงอกท่า PA upright ค่าปริมาณรังสีที่ผิวที่ได้รับของเต้านมข้างซ้ายและขวามีค่าเท่ากับ 0.01 mGy

เมื่อพิจารณาค่าปริมาณรังสีที่ผิว ณ ตำแหน่งจุดกึ่งกลางลำรังสีที่ได้โดยการคำนวณจากสูตร และจากการวัดด้วยนาโนดอท เปรียบเทียบกับค่าปริมาณรังสีที่ผิวอ้างอิงในระดับชาติของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ พบว่าค่าปริมาณรังสีที่ผิว ในการถ่ายช่องท้อง ท่า AP supine และเชิงกราน ท่า AP มีค่าสูงกว่า ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการใช้ค่ากระแสหลอดที่สูงเกินไป เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ Buncharat¹³ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการถ่ายภาพในภาพเอกซเรย์เชิงกรานท่า AP supine ซึ่งทางโรงพยาบาลสามารถนำไปพิจารณาเพื่อปรับปรุงโปรโตคอลในการถ่ายภาพทางรังสีให้เหมาะสม โดยพิจารณาทั้งคุณภาพของภาพและปริมาณรังสีควบคู่กัน

งานศึกษาชิ้นนี้มีข้อจำกัดบางประการ เช่น ไม่มีการแก้ค่าการตอบสนองของนาโนดอทจากระนาบการรับรังสีในแต่ละมุม (angular dependence) และเป็นการศึกษาในหุ่นจำลอง ซึ่งตั้งค่าพารามิเตอร์ของการถ่ายภาพตามที่โรงพยาบาลใช้เป็นประจำ อย่างไรก็ตามแนวทางดำเนินการดำเนินงานศึกษาชิ้นนี้ อาจนำไปประยุกต์ในผู้ที่เข้ามารับการถ่ายภาพเอกซเรย์ทั่วไป เพื่อให้ทราบค่าปริมาณรังสีที่ผิวที่ผู้ป่วยได้รับ และนำไปสู่การวางแผนการใช้ปริมาณรังสีอย่างเหมาะสมสำหรับโรงพยาบาลอื่น ๆ ต่อไป

สรุป

ค่าปริมาณรังสีที่ผิวได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ทั่วไปด้วยระบบดิจิทัล โดยการใช้อุปกรณ์วัดรังสีนาโนดอทในการถ่ายภาพกะโหลกศีรษะท่า AP และ lateral, ทรงอกท่า PA, ช่องท้องท่า AP supine และ upright และเชิงกรานท่า AP มีค่า 1.51, 1.51, 0.16, 7.69, 1.33 และ 8.03 mGy ตามลำดับ โดยปริมาณรังสีที่วัดได้ตรงตำแหน่งกึ่งกลางลำรังสี มีค่าต่ำกว่าการคำนวณจากสูตรในรายงานของทบวงการประมาณ

ระหว่างประเทศ ฉบับที่ 457 อยู่ในช่วงความคลาดเคลื่อนร้อยละ 16.88 และปริมาณรังสีที่ผิวที่วัดได้จากงานศึกษานี้มีค่าต่ำกว่าค่าปริมาณรังสีอ้างอิงจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ในทุกการตรวจ ยกเว้นการถ่ายภาพช่องท้องและเชิงกรานสำหรับค่าปริมาณรังสีสูงสุดที่ผิวที่เลนส์ตา ด้านมและต่อมไทรอยด์ได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ทั่วไปจากงานวิจัยนี้มีค่าเท่ากับ 1.52, 1.78 และ 0.87 mGy ตามลำดับ

References

1. Yensri L. Comparison of radiation absorbed doses among patients undergoing standard chest radiographic examination by computed radiography (CR) and digital radiography (DR). The Southern College Network Journal of Nursing and Public Health 2016; 1: 129-39.
2. Charoenwikrom C. Technology assessment between digital radiography and computed radiography. Bulletin of the department of medical sciences 2014; 39: 184-8.
3. Kamiya K, Ozasa K, Akiba S, Niwa O, Kodama K, Takamura N, et al. Long-term effects of radiation exposure on health. Lancet 2015; 386: 469-78.
4. International Atomic Energy Agency (IAEA). Dosimetry in Diagnostic Radiology: An International Code of Practice In: Technical Reports Series no. 457 (TRS 457).Vienna; 2017.
5. Perks CA, Yahnke C, Million M. Medical dosimetry using Optically Stimulated Luminescence dots and microStar readers. International Atomic Energy Agency (IAEA) 2008: 1-10.
6. Takegami K, Hayashi H, Nakagawa K, Okino H, Okazaki T, Kobayashi I, et al. Measurement method of an exposed dose using the nanoDot dosimeter. ESR 2015: 1-16.
7. Tongruang C, Sirichai Theirrattanakul S, Diswath W. Characterization of an optically stimulated luminescence NanoDot dosimeters for diagnostic radiology. Bulletin of the department of medical sciences 2016; 58:141-8.
8. Al-Senan RM, Hatab MR. Characteristics of an OSLD in the diagnostic energy range. Med Phys 2011; 38: 4396-405.
9. Fung KK, Gilboy WB. Anode heel effect on patient dose in lumbar spine radiography. Br J Radiol 2000; 73: 531-6.
10. Okazaki T, Hayashi H, Takegami K, Okino H, Kimoto N, Kobayashi I, et al. Fundamental Study of nanoDot OSL Dosimeters for Entrance Skin Dose Measurement in Diagnostic X-ray Examinations. JRPR 2016; 41: 229-36.
11. Stewart FA, Akleyev AV, Hauer-Jensen M, Hendry JH, Kleiman NJ, MacVittie TJ, 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. Ann ICRP 2012; 41: 1-322.
12. Mohammed AA, Ahmed A. Estimation of Radiation Dose for Adult Patients Undergoing Diagnostic X-ray Examinations of the Skull and Cervical Spine. IOSR-JAP 2017; 9: 33-6.
13. Buncharat S, Hamuttiti P. Patient doses in simple radiographic examinations in Trang, Phatthalung and Satun provinces in the transition from x-ray film to computed radiography. Journal of Health Science 2016; 25:632-40.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัย ผู้อำนวยการและเจ้าหน้าที่แผนกรังสีวิทยา โรงพยาบาลพิษณุเวช ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องเอกซเรย์เพื่อเก็บข้อมูล