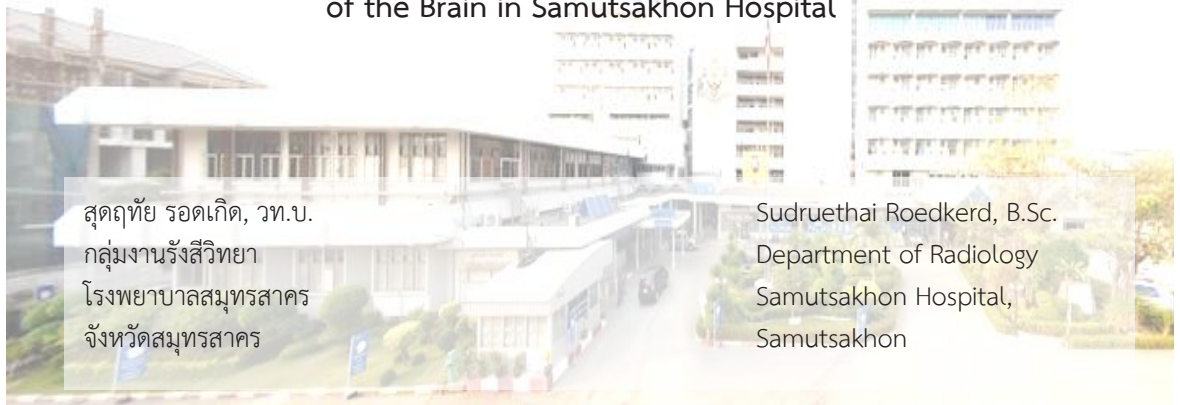


การประเมินปริมาณรังสีที่ใช้ในการตรวจสอบแบบไม่ฉีดสารทึบรังสี ด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ของโรงพยาบาลสมุทรสาคร

Evaluation of Effective Dose in Non-contrast Computed Tomography (CT) of the Brain in Samutsakhon Hospital



สุดฤทัย รอดเกิด, วท.บ.
กลุ่มงานรังสีวิทยา
โรงพยาบาลสมุทรสาคร
จังหวัดสมุทรสาคร

Sudruethai Roedkerd, B.Sc.
Department of Radiology
Samutsakhon Hospital,
Samutsakhon

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าปริมาณรังสี Diagnostic references levels ผู้ป่วยได้รับจากการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองแบบไม่ฉีดสารทึบรังสี ที่แผนกรังสีวินิจฉัยของโรงพยาบาลสมุทรสาคร และเปรียบเทียบค่า Diagnostic references levels กับค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ประเทศไทย ระเบียบวิธีวิจัย เป็นการศึกษาย้อนหลังเชิงพรรณนา จากกลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองแบบไม่ได้รับสารทึบรังสีของโรงพยาบาลสมุทรสาคร ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2566 จำนวน 1009 ครั้ง โดยรวบรวมข้อมูลจากหน้ารายงานปริมาณรังสีที่ถูกรายงานผ่านจอแสดงผลของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เมื่อการตรวจเสร็จสิ้นแล้ว และนำข้อมูลเข้าสู่ระบบ Picture archiving and communication systems (PACS) ได้แก่ ค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาตร ($CTDI_{vol}$) ปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วยตลอดช่วงความยาวสแกน (DLP) และคำนวณค่าปริมาณรังสียังผล (Effective dose) โดยผลการศึกษา พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 (P75) ของค่ามัธยฐาน (Median) ของค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาตร ($CTDI_{vol}$) มีค่าปริมาณรังสีเท่ากับ 51.87 mGy และค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 (P75) ของค่ามัธยฐาน (Median) ปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วยตลอดช่วงความยาวสแกน (DLP) มีค่าปริมาณรังสีเท่ากับ 1133.00 mGy-cm ส่วน ค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสียังผล (Effective dose) เท่ากับ 1.78 mSv โดยค่าปริมาณรังสีอ้างอิง ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 (P75) ของ $CTDI_{vol}$, DLP และ

ค่าเฉลี่ยของ Effective dose เท่ากับ 62.0 mGy, 1128.0 mGy-cm, 2.4 mSv) ตามลำดับ โดยสรุปพบว่า ค่าดัชนีรังสีที่เชิงปริมาตร Volumetric computed tomography dose index (CTDI_{vol}) และปริมาณรังสียังผล (Effective dose) ของแผนกรังสีวินิจฉัยของโรงพยาบาลสมุทรสาคร ค่าต่ำกว่าปริมาณรังสีอ้างอิงประเทศไทย กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ส่วนค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วยตลอดช่วงความยาวสแกน (DLP) พบว่า มีค่าสูงกว่าปริมาณรังสีอ้างอิงระดับชาติในประเทศไทย สันนิษฐานว่าน่าจะเป็นเพราะค่าระยะสแกนที่มากเกินไป

คำสำคัญ : ปริมาณรังสียังผล, ค่าปริมาณรังสีอ้างอิง, ปริมาณรังสีจากการสแกนผู้ป่วย

Abstract

The objective of this research was to evaluate the amount of Diagnostic reference levels (DRL) of radiation that patients received from CT brain without contrast injection at the diagnostic radiology Department of Samutsakhon Hospital and compared to the Diagnostic reference levels (DRL) and the reference dose values of the Department of Medical sciences ministry of Public health, Thailand. This was a descriptive retrospective study from a group of patients with CT brain without contrast injection at Samutsakhon Hospital from May to July 2023 at about 1,009 times. The information records of the radiation dose report on the display computerized tomography machine when the examination was complete and imported data into the Picture archiving and communication systems (PACS), including Volume computed tomography dose index (CTDI_{vol}), Dose length product (DLP) and calculate the Effective dose (E). The results were the 75th percentile (P75) of the median Volume computed tomography dose index (CTDI_{vol}) was 51.87 mGy and the 75th percentile of the median Dose length product (DLP) was 1133.00 mGy-cm. The average effective dose was 1.78 mSv. The reference dose of the Department of Medical Sciences revealed that the 75th percentile value of CTDI_{vol}, DLP, and average effective dose was 62.0 mGy, 1128.0 mGy-cm, 2.4 mSv, respectively. In conclusion, the value of volume computed tomography dose index (CTDI_{vol}) and effective dose of the diagnostic radiology Department of Samutsakhon Hospital were lower than the reference radiation dose in Thailand of the Department of Medical Sciences. The dose

length product (DLP) was found to be higher than the national reference dose in Thailand. This might be caused by a too long scanning distance.

Keywords : Volume computed tomography dose index, Dose length product, Effective dose, Diagnostic reference level

บทนำ

เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (Computer tomography : CT) เป็นเครื่องมือทางรังสีที่มีบทบาทสำคัญในการตรวจวินิจฉัยโรคที่ได้รับความนิยมมากขึ้นเป็นลำดับ แนวโน้มการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์มีจำนวนเพิ่มสูงขึ้น โดยอวัยวะที่ได้รับการส่งตรวจมากที่สุด ได้แก่ Abdomen/pelvis และ Brain คือ ปริมาณการให้บริการมีอัตราการเพิ่มร้อยละ 25–63 ต่อปี¹ ในปี 2562 ได้มีการสำรวจจำนวนเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในประเทศต่างๆ ทั่วโลก พบว่า ประเทศญี่ปุ่นเป็นประเทศที่มีจำนวนเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์มากที่สุด คือ 115.7 เครื่อง ต่อประชากรหนึ่งล้านคน อันดับที่สอง คือ ประเทศออสเตรเลีย โดยมีเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ 69.57 เครื่องต่อประชากรหนึ่งล้านคน² อย่างไรก็ตามพบว่า เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือทางรังสีวินิจฉัยที่ทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีสูงเมื่อเทียบกับการถ่ายภาพทางรังสีเพื่อวินิจฉัยโรคทั่วไป ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับมีความสัมพันธ์กับโอกาสการเกิดมะเร็งและการกลายพันธุ์ของเซลล์ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับประโยชน์ที่ได้รับ ถือว่ามีโอกาสน้อยมาก ดังนั้น การใช้รังสีในปริมาณที่เหมาะสมกับการถ่ายภาพทางรังสี (optimization) จึงเป็นสิ่งที่ต้องตระหนักและให้ความสำคัญ เพื่อให้บรรลุหลักเกณฑ์สากลของการป้องกันอันตรายจากรังสี (As low as reasonably achievable : ALARA)³

รายงานของ International commission on radiological protection (ICRP) ฉบับที่ 135 เรื่อง The Use of Diagnostic references levels in Medical Imaging ตีพิมพ์ในปี 2564 ได้แนะนำให้แต่ละประเทศกำหนดค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของการตรวจวินิจฉัย (Diagnostic references levels; DRL) ซึ่งมีหลายระดับ เช่น ระดับพื้นที่ (LDRLs) ระดับประเทศ (NDRLs) และระดับทวีป (RDRLs) โดยวิเคราะห์จากค่าควอไทล์ (quartile) ที่ 3 หรือ ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ (percentile) ที่ 75 ของค่ามัธยฐาน (median) ค่าปริมาณรังสีที่ใช้กำหนด DRL ของเครื่องเอกซเรย์ซีที ประกอบด้วย Volume computed tomography dose index ($CTDI_{vol}$) คือ ปริมาณรังสีเฉลี่ยของการสแกนทั้งหมดที่เกิดจากการหมุนของหลอดเอกซเรย์มากกว่า 1 รอบต่อค่าพิทช์ (ระยะเตียงที่เคลื่อนจากการหมุนของหลอดเอกซเรย์รอบแกนทรีหนึ่งรอบต่อความกว้างของลำรังสี : Pitch) มีหน่วยเป็นมิลลิเกรย์ (mGy) และ Dose length product (DLP) คือ ปริมาณรังสีทั้งหมดที่เกิดจากการสแกนผู้ป่วย มีหน่วยเป็น มิลลิเกรย์.เซนติเมตร (mGy.cm) โดยค่า $CTDI_{vol}$ ⁴⁻⁵ หาได้จากผลหารระหว่างค่า weighted CTDI ($CTDI_w$) กับอัตราส่วนพิทช์ (pitch) ดังสมการที่ 1

$$CTDI_{vol} = \text{weighted CTDI} / \text{pitch} \quad (1)$$

โดยที่ $CTDI_w = 1/3 CTDI_{100,center} + 2/3 CTDI_{100,peripheral}$ และ ค่า DLP^{4-5} หาได้จากผลคูณระหว่าง
ค่า $CTDI_{vol}$ กับ scan length ดังสมการที่ 2

$$DLP = CTDI_{vol} \times \text{scan length} \quad (2)$$

ปัจจุบันค่า $CTDI_{vol}$ และ DLP ถูกรายงานผ่านจอแสดงผลของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ และ
นำข้อมูลเข้าระบบ Picture archiving and communication system (PACS) อย่างไรก็ตาม ทั้งค่า
 $CTDI_{vol}$ และ DLP ก็ไม่ใช่ค่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับโดยตรง แต่เป็นค่าความสัมพันธ์ที่ใช้ในการหาค่า
ปริมาณรังสียังผล (Effective dose : E) เป็นผลของรังสีที่อธิบายในรูปแบบโอกาสที่จะเกิดขึ้น ค่าปริมาณ
รังสียังผล E6-7 หาได้จากผลคูณของ ค่า DLP และ Conversion factor (k) ของแต่ละอวัยวะ (region
of body) ตามค่าอ้างอิง ดังสมการที่ 3 โดยค่า k มีหน่วยเป็น mSv/mGy-cm

$$E = k \times \text{Total DLP} \quad (3)$$

ปริมาณรังสียังผล (Effective dose ; E) ใช้บอกถึงความเสี่ยงในการเกิดผลทางรังสีแบบไม่ชัดเจน
(Stochastic) ในกลุ่มประชากรที่เข้ารับการตรวจ เช่น การเกิดมะเร็ง การกลายพันธุ์ อายุขัยสั้นลง
 เป็นต้น วิธีการใช้สัมประสิทธิ์ค่าแก้สำหรับคำนวณปริมาณรังสียังผล มีพื้นฐานมาจากการจำลอง
ทางคณิตศาสตร์ ด้วยโปรแกรมมอนติคาร์โลในหุ่นจำลอง โดยใช้สัดส่วนของปริมาณรังสีดูดกลืนของ
อวัยวะต่อค่า DLP ในหน่วย mGy.cm

จากนั้น ทำการประมาณค่าปริมาณรังสียังผล โดยใช้ค่าปรับแก้ตามชนิดของเนื้อเยื่อ (k)
ตามคำแนะนำในรายงานของ ICRP ฉบับ 103 ตีพิมพ์ในปี 2550 สำหรับการศึกษาที่ใช้ค่า k คือ 0.00198
สำหรับโรงพยาบาลสมุทรสาครยังไม่มีเก็บข้อมูล และหาปริมาณรังสีผู้ป่วยที่แน่ชัดในการตรวจ
เอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองแบบไม่ฉีดสารทึบรังสี (CT brain non contrast) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ
ค่า National diagnostic references levels ที่เป็นปริมาณรังสีอ้างอิง จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้
โดยมีจุดประสงค์เพื่อประเมิน และเปรียบเทียบค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาณ ($CTDI_{vol}$), DLP ปริมาณรังสี
ดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วยตลอดช่วงความยาวสแกน (DLP) และปริมาณรังสียังผล (Effective dose)
จากผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจ CT brain non contrast เปรียบเทียบค่า DRL มาตรฐานของประเทศ ทั้งนี้
ใช้เป็นฐานข้อมูลในการตรวจสอบ เพื่อหาแนวทางนำไปสู่การปรับปรุง และพัฒนาเทคนิคหรือวิธีการที่จะ
ช่วยให้การใช้รังสีในการตรวจวินิจฉัยด้วยเครื่องซีทีเป็นไปอย่างเหมาะสมช่วย ลดปริมาณรังสีและ
เป็นการยกระดับการใช้รังสีอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. ประเมินค่าปริมาณรังสี Diagnostic references levels ที่ผู้ป่วยได้รับจากการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองแบบไม่ฉีดสารทึบรังสี ได้แก่ ค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาตร ($CTDI_{vol}$) ปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วยตลอดช่วง ความยาวสแกน (DLP) ปริมาณรังสียังผล (Effective dose)
2. เปรียบเทียบค่า Diagnostic references levels กับค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ประเทศไทย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นการจัดทำ Diagnostic references levels ของโรงพยาบาลสมุทรสาคร เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการควบคุมคุณภาพเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ และเปรียบเทียบระดับปริมาณรังสีเฉลี่ยกับค่าอ้างอิงมาตรฐาน ประเทศไทย โดยใช้ปริมาณรังสีที่เหมาะสมและได้ภาพที่มีคุณภาพเพียงพอต่อการวินิจฉัย ไม่สูงหรือต่ำเกินไป

นิยามศัพท์

1. Computer tomography (CT) : เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์
2. Diagnostic references levels (DRL) : ค่าปริมาณรังสีอ้างอิงในการถ่ายภาพรังสีวินิจฉัย
3. Dose length product (DLP) : ปริมาณรังสีทั้งหมดที่เกิดจากการสแกนผู้ป่วย มีหน่วยเป็นมิลลิเกรย์.เซนติเมตร (mGy.cm)
4. Effective dose (E) : ปริมาณรังสียังผล
5. International atomic energy agency (IAEA) : ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ
6. International commission on radiological protection (ICRP) : องค์การคณะกรรมการการป้องกันอันตรายจากรังสี
7. Optimization : การใช้รังสีอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ผ่านกระบวนการต่างๆ
8. Pitch : ระยะเตียงที่เคลื่อนจากการหมุนของหลอดเอกซเรย์รอบแกนทรีหนึ่งรอบต่อความกว้างของลำรังสี มีหน่วยเป็นมิลลิเกรย์ (mGy)
9. Volume computed tomography dose index ($CTDI_{vol}$) : ปริมาณรังสีเฉลี่ยของการสแกนทั้งหมดที่เกิดจากการหมุนของหลอดเอกซเรย์มากกว่า 1 รอบต่อค่าพิทช์

วิธีการศึกษา

วัสดุอุปกรณ์

เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ยี่ห้อ Siemens รุ่น Somatom Definition AS plus 128

Slice จำนวน 1 เครื่อง

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองแบบไม่ได้รับสารทึบรังสีของ
โรงพยาบาลสมุทรสาคร ตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ถึง 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2566

เกณฑ์คัดเข้า

1. กลุ่มผู้ป่วยที่มีอายุมากกว่า 15 ปีขึ้นไป
2. กลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองแบบไม่ได้รับสารทึบรังสีที่

ทำการตรวจเฉพาะเทคนิค axial mode

เกณฑ์คัดออก

กลุ่มผู้ป่วยที่มีข้อมูลการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองที่ไม่ชัดเจน

การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

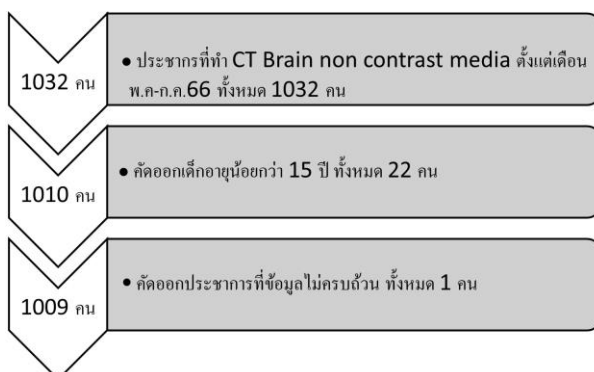
การวิจัยครั้งนี้ ผ่านการพิจารณาและรับรองจากคณะกรรมการวิจัยและพิจารณา
จริยธรรมการวิจัยโรงพยาบาลสมุทรสาคร เอกสารโครงการวิจัย เลขที่ 55/2566 ลงวันที่ 9 สิงหาคม
2566 ก่อนดำเนินการวิจัย ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างถูกเก็บเป็นความลับ และนำเสนอข้อมูลในภาพรวม
เท่านั้น

ขั้นตอนการดำเนินการ

1. รวบรวมข้อมูลย้อนหลังกลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมอง
แบบไม่ได้รับสารทึบรังสี ของโรงพยาบาลสมุทรสาคร ตั้งแต่เดือน 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ถึง
31 กรกฎาคม พ.ศ. 2566

2. คัดกรองตามเกณฑ์คัดเข้า ได้แก่ กลุ่มผู้ป่วยที่มีอายุมากกว่า 15 ปีขึ้นไป และ
ทำการตรวจเฉพาะเทคนิค axial mode เข้ามาในงานวิจัย ได้กลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมงานวิจัย จำนวน 1,009
คน

แผนภูมิที่ 1 แสดงขั้นตอนการรวบรวมกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมงานวิจัย



3.บันทึกค่าพารามิเตอร์ของโปรโตคอลของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมอง โดยใช้โปรแกรม CARE dose 4D

ตารางที่ 1 แสดงค่าพารามิเตอร์ของโปรโตคอล

Region of body	kVp	mAs	Feed (mm) ⁹	ขอบเขต
CT brain non contrast media	120	<380	35.0	ตั้งแต่ระดับ C2 (axis) ถึง vertex

4.รวบรวมบันทึกข้อมูลจากหน้ารายงานปริมาณรังสีที่ถูกรายงานผ่านจอแสดงผลของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เมื่อการตรวจเสร็จสิ้นแล้ว และนำข้อมูลเข้าสู่ระบบ Picture archiving and communication systems (PACS) ได้แก่

4.1 ค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาตร (Volumetric computed tomography dose index (CTDI_{vol}) ; mGy.

4.2 ปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วยตลอดช่วงความยาวสแกน (DLP) ; mGy-cm.

03-Jul-2023 08:21								
Ward:								
Physician:								
Operator: JIRASYA								
Total mAs 1592			Total DLP 848 mGycm					
	Scan	kV	mAs / ref.	CTDI _{vol} * mGy	DLP mGycm	TI s	cSL mm	
Patient Position H-SP								
Topogram	1	140	20 mA	0.18 S	4.1	1.7	0.6	
HeadSeq	2	120	306 / 380	48.24 S	844.3	1.0	0.6	
Last scan no.	6							

ภาพที่ 1 แสดงบันทึกข้อมูลจากหน้ารายงานปริมาณรังสีที่ถูกรายงานผ่านจอแสดงผลของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เมื่อการตรวจเสร็จสิ้นแล้ว และนำข้อมูลเข้าสู่ระบบ PACS

5. คำนวณค่า Effective dose (E) ของกลุ่มตัวอย่าง จากสูตร

$$E \text{ (mSv/mGy-cm)} = k \times \text{total DLP}$$

โดยค่า k คือ ค่า conversion factor ของแต่ละอวัยวะเท่ากับ 0.0019

6. คำนวณค่าสัดส่วน, ร้อยละ, ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของเพศ อายุ ค่า ดัชนีมวลกาย (Body mass index, BMI), จำนวนครั้งในการสแกนของกลุ่มตัวอย่าง และค่ามัธยฐาน (Median), ค่าพิสัย ระหว่างควอไทล์ (IQR), ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25 (P25), ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 (P75), ค่าต่ำสุด (Min), ค่าสูงสุด (Max) ของค่าปริมาณรังสีต่างๆ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

1. ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละ ของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตาม เพศ อายุ ค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index, BMI) และจำนวนครั้งในการสแกน

ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	601	59.60
หญิง	408	40.40
อายุ (ปี, อายุเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (แบ่งตาม child-bearing age)	56.46±18.50	
อายุ 15-44 ปี	273	27.10
อายุ 45-59 ปี	247	24.50
อายุ 60 ปีขึ้นไป	489	48.50
น้ำหนัก (กิโลกรัม, น้ำหนักเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	62.18±13.90	
ส่วนสูง (เซนติเมตร, ส่วนสูงเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	23.80±8.90	
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร ² , ดัชนีมวลการเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)		
ต่ำกว่า 24.99	525	52.00
25.00-29.90	170	16.80
30.00-34.90	60	5.90
มากกว่า 35	26	2.60
ไม่มีข้อมูล	228	22.60
จำนวนครั้งในการสแกนต่อ study		
เท่ากับ 1 ครั้ง	864	85.60
มากกว่า 1 ครั้ง	144	14.30
ไม่มีข้อมูล	1	0.10

จากตารางที่ 2 พบว่า ในกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย จำนวน 601 ราย คิดเป็นร้อยละ 59.6 และเป็นเพศหญิง จำนวน 408 ราย คิดเป็นร้อยละ 40.4 โดยมีค่าอายุเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 56.46 ปี และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 18.5 ปี โดยในกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีอายุมากกว่า 60 ปีมีจำนวน 489 ราย คิดเป็นร้อยละ 48.5 นอกจากนี้ ในกลุ่มตัวอย่างยังพบว่า มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 62.18 กิโลกรัม และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 13.9 กิโลกรัม โดยเป็นกลุ่มที่มีค่าดัชนีมวลกายต่ำกว่า 24.99 ถึง 525 ราย คิดเป็นร้อยละ 52 และร้อยละ 85.6 ของกลุ่มตัวอย่าง ได้รับการสแกนเท่ากับ 1 ครั้ง

2. ค่ามัธยฐาน (Median), ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (IQR), ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25 (P25), ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 (P75), ค่าต่ำสุด (Min) และค่าสูงสุด (Max) ของค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาตร (Volumetric computed tomography dose index (CTDI_{vol}), ปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วย ตลอดช่วงความยาวสแกน (DLP) และ ปริมาณรังสียังผล (Effective dose)

ตารางที่ 3 แสดงค่า Median, IQR, P25, P75, Min, Max ของค่า Diagnostic reference levels ของกลุ่มตัวอย่าง

Diagnostic reference levels	Median	IQR	P25	P75	Min	Max
CTDI _{vol} (mGy)	47.93	7.88	43.99	51.87	24.39	4651.00
DLP(mGy-cm)	926.00	311.00	822.00	1133.00	446.00	9262.00
Effective dose (mSv)	1.78	0.59	1.56	2.15	0.85	17.60

จากตารางที่ 3 จะพบว่า ค่ามัธยฐาน (Median) ของ CTDI_{vol}, DLP และ effective dose มีค่าเท่ากับ 47.93 mGy, 926.00 mGy-cm และ 1.78 mSv ส่วนค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (IQR) ของ CTDI_{vol}, DLP และ effective dose มีค่าเท่ากับ 7.88 mGy, 311 mGy-cm และ 0.59 mSv ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า Diagnostic reference level ทั้ง 3 ค่านี้มีการแจกแจงที่ไม่ปกติ และมีการกระจายของข้อมูลที่กว้างมาก

3. การเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 (P75) ของค่ามัธยฐาน (Median) ของค่า Diagnostic reference levels ของกลุ่มตัวอย่างกับค่าอ้างอิง

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 (P75) ของค่ามัธยฐาน (Median) ของค่า Diagnostic reference levels ของกลุ่มตัวอย่างกับค่าอ้างอิง

Diagnostic reference levels	กลุ่มตัวอย่าง	Thailand national DRL (ICPR135) ⁴	Korean ¹⁰	Japan ⁶	European commission EC ⁷	United kingdom UK ¹¹	United states US ¹²
CTDI _{vol} (mGy)	51.87	62.00	63.70	77.00	60.00	60.00	56.00
DLP(mGy-cm)	1133.00	1028.00	1119.40	1350.00	1000.00	930.00	962.00

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 (P75) ของค่ามัธยฐาน (Median) ของค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาตร (CTDI_{vol}) จากกลุ่มตัวอย่างเมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของทั้งในประเทศไทย (Thailand) และต่างประเทศ พบว่า ค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาตร (CTDI_{vol}) ของกลุ่มตัวอย่างนี้มีค่าปริมาณรังสีต่ำที่สุด คือ เท่ากับ 51.87 mGy ในขณะที่ปริมาณรังสีอ้างอิงของประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 62.0 mGy ปริมาณรังสีอ้างอิงของประเทศเกาหลีใต้ เท่ากับ 63.70 mGy ปริมาณรังสีอ้างอิงของประเทศญี่ปุ่นเท่ากับ 77 mGy ปริมาณรังสีอ้างอิงของยุโรป เท่ากับ 60 mGy ปริมาณรังสีอ้างอิงของอังกฤษ เท่ากับ 60 mGy และปริมาณรังสีอ้างอิงของอเมริกาเท่ากับ 56 mGy

ในขณะที่ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 (P75) ของค่ามัธยฐาน (Median) ของปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วยตลอดช่วงความยาวสแกน (DLP) ของกลุ่มตัวอย่างนี้ มีค่าปริมาณรังสีเท่ากับ 1133.00 mGy-cm ซึ่งมีความสูงกว่าค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของประเทศไทยเท่ากับ 1028 mGy-cm ค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของประเทศไทยได้ เท่ากับ 1119.40 mGy-cm ค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของยุโรปเท่ากับ 1000 mGy-cm ค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของอังกฤษเท่ากับ 930 mGy-cm และค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของอเมริกาเท่ากับ 962 mGy-cm แต่มีค่าต่ำกว่าค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของประเทศญี่ปุ่นเท่ากับ 1350 mGy-cm

4. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ ค่า Effective dose ของค่า Diagnostic reference levels ของกลุ่มตัวอย่างกับค่าอ้างอิง

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า Effective dose ของกลุ่มตัวอย่างกับค่าอ้างอิง

Diagnostic reference level	กลุ่ม ตัวอย่าง	Thailand (ICPR 135) ¹³	IAEA 2006 ¹²	European commission 2006 ¹⁴	United Kingdom 2022 ¹⁵
Effective dose (mSv)	1.78	2.4	1.2	2.4	1.9

จากตารางที่ 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่า Effective dose ของกลุ่มตัวอย่ำนี้นี้น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 60.0 กิโลกรัม และมีค่าสูงกว่าค่าอ้างอิงของประเทศไทยของ European commission 2006 และ United Kingdom 2022 แต่มีค่าสูงกว่าค่าอ้างอิงของ IAEA 2006

วิจารณ์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบไม่ฉีดสารทึบรังสีและเปรียบเทียบกับค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของประเทศไทย เนื่องจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ได้ กำหนดค่าปริมาณรังสีอ้างอิงระดับชาติ (NDRLs) โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 (P75) ของค่ามัธยฐาน (Median) ของค่า Diagnostic reference levels ในกลุ่มประชากรที่มีน้ำหนักอยู่ในช่วงมาตรฐานของคนไทยน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 60.0 กิโลกรัม และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 15 กิโลกรัม เพื่อกำหนดการใช้ปริมาณรังสีที่เหมาะสม 12 เพื่อประเมินปริมาณ

จากผลการศึกษาค่า Diagnostic reference levels จากกลุ่มตัวอย่างนี้มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 62.18 กิโลกรัม และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 13.9 กิโลกรัม ซึ่งอยู่ในช่วงมาตรฐานของคนไทยพบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 (P75) ของค่ามัธยฐาน (Median) ของค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาตร (Volumetric computed tomography dose index (CTDI_{vol})) ของกลุ่มตัวอย่างนี้ มีค่าต่ำกว่าปริมาณรังสีอ้างอิงในประเทศไทยของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (ICPR Publication 135) และต่างประเทศที่นำมาเปรียบเทียบ แสดงให้เห็นว่า ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในโปรโตคอลที่ใช้ในการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองแบบไม่ได้รับสารทึบรังสีในปัจจุบันเป็น โปรโตคอลที่มีความเหมาะสมในระดับหนึ่ง ทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีต่ำกว่าค่าปริมาณรังสีอ้างอิงระดับชาติได้ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 (P75) ของค่ามัธยฐาน (Median) ของค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาตร

(Volumetric computed tomography dose index : $CTDI_{vol}$) ของสถาบันประสาทวิทยา ที่มีค่าเท่ากับ 50.64 ทั้งที่ใช้เครื่องรุ่นใกล้เคียงกัน⁶ คือ เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ยี่ห้อ Siemens รุ่น Somatom Definition 64 Slice พบว่า ค่าจากกลุ่มตัวอย่างนี้มีค่าสูงกว่า แสดงให้เห็นว่าน่าจะมีบางพารามิเตอร์ที่สามารถปรับได้ เพื่อลดปริมาณรังสีลงได้อีก โดยที่ยังสามารถรักษาคุณภาพของภาพที่มีสามารถแปรผลได้ (Dose optimization)

สำหรับค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วยตลอดช่วงความยาวสแกน (DLP) ของกลุ่มตัวอย่างนั้น พบว่า มีค่าสูงกว่าปริมาณรังสีอ้างอิงระดับชาติในประเทศไทย (ICPR Publication 135) และสถาบันประสาทวิทยา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1053.75¹⁶ นอกจากนี้ ยังมีค่าสูงกว่าค่าปริมาณรังสีอ้างอิงในต่างประเทศ ยกเว้นประเทศญี่ปุ่น เนื่องจากค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วยตลอดช่วงความยาวสแกน (DLP) ได้มาจากการคูณกันของค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาตร (Volumetric computed tomography dose index : $CTDI_{vol}$) และค่าระยะสแกน² แสดงว่า ปัจจัยหลักที่ทำให้ค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วยตลอดช่วงความยาวสแกน (DLP) สูงกว่าค่าปริมาณรังสีอ้างอิง น่าจะเป็นเพราะค่าระยะสแกนที่มากเกินไป ดังนั้น การกำหนดค่าระยะสแกนที่เหมาะสมจะช่วยลดค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วยตลอดช่วงความยาวสแกน (DLP) ได้อย่างแน่นอน ซึ่งน่าจะต้องศึกษาวิจัยต่อเพิ่มเติมถึงค่าระยะสแกนที่เหมาะสม และสาเหตุของการที่มีค่าระยะสแกนที่มากเกินไป

อย่างไรก็ตาม ค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาตร (Volumetric computed tomography dose index : $CTDI_{vol}$) และค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วยตลอดช่วงความยาวสแกน (DLP) ก็ยังไม่ใช่ค่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับโดยตรง ปริมาณรังสียังผล (effective dose) เป็นผลของรังสีที่อธิบายในรูปของโอกาสที่จะเกิดขึ้นของมะเร็งหรือการกลายพันธุ์ เป็นต้น สำหรับปริมาณรังสียังผล (Effective dose) ของกลุ่มตัวอย่างนี้ พบว่า มีค่าต่ำกว่าค่าอ้างอิง ของประเทศไทย และของ European commission 2006 แต่มีค่าสูงกว่าค่าอ้างอิงของ IAEA 2562 ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับตารางแสดงความเสี่ยงในโอกาสการเกิดโรคมะเร็ง หรือการกลายพันธุ์ เป็นต้น พบว่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองแบบไม่ฉีดสีของปริมาณรังสีของปริมาณตัวอย่างนี้ มีความเสี่ยงในการเกิดต่ำมากประมาณ 1 ใน 10,000¹⁷

E dose range (mSv)	Level of risk	Propose risk term	Example of medical exposure
< 0.1	1 in 1 million	Negligible	Radiographs of chest, head, neck and teeth
0.1 – 1	1 in 100,000	Minimal	Radiographs of the spine, abdomen, and pelvis
1 – 10	1 in 10,000	Very low	Barium meals and enemas, CT scans of head, chest, and abdomen, nuclear medicine bone scans
10 - 100	1 in 1,000	Low	Double CT scans for contrast enhancement, higher dose interventional radiology procedures

*The excess lifetime risk of fatal cancer to a reference adult patient resulting from radiation exposures in the dose ranges could be a factor of up to lower than the values quoted.

ภาพที่ 2 Terminology that could be used to describe risks from radiation exposure

สรุปผลการทำวิจัย

ค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาตร (Volumetric computed tomography dose index (CTDI_{vol}) ของผู้ป่วย ได้รับการจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองแบบไม่ฉีดสารทึบรังสีมีค่าต่ำกว่าปริมาณรังสีอ้างอิงในประเทศไทย ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และต่างประเทศที่นำมาเปรียบเทียบ ส่วนค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วย ตลอดช่วงความยาวสแกน (DLP) พบว่า มีค่าสูงกว่าปริมาณรังสีอ้างอิงระดับชาติในประเทศไทยและค่าปริมาณรังสีอ้างอิงในต่างประเทศ ยกเว้นประเทศญี่ปุ่น น่าจะเป็นเพราะค่าระยะสแกนที่มากเกินไป

สำหรับปริมาณรังสียังผล (Effective dose) พบว่า มีค่าต่ำกว่าค่าอ้างอิงของประเทศไทย และของ European commission 2006 โดยปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองแบบไม่ ฉีดสารทึบรังสีของกลุ่มตัวอย่างนี้มีความเสี่ยงในการเกิดตำมาประมาณ 1 ใน 10,000⁷

ข้อเสนอแนะ

ถึงแม้ว่าค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาตร (CTDI_{vol}) จากงานวิจัยนี้ จะมีค่าต่ำกว่าปริมาณรังสีอ้างอิงในประเทศไทย (ICPR Publication135) และต่างประเทศที่นำมาเปรียบเทียบ แสดงว่าค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในโปรโตคอลในการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองแบบไม่ได้รับสารทึบรังสีในปัจจุบัน เป็นโปรโตคอลที่มีความเหมาะสมในระดับหนึ่ง ทำให้ผู้ป่วยได้ปริมาณรังสีต่ำกว่าค่าปริมาณรังสีอ้างอิงระดับชาติได้ แต่จากการศึกษาเปรียบเทียบในโรงพยาบาล ที่ใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์รุ่นใกล้เคียงกัน พบว่า อาจสามารถปรับค่าพารามิเตอร์บางอย่างเพื่อลดปริมาณรังสีลงได้อีกโดยที่ยังสามารถได้ภาพที่มีคุณภาพเพียงพอมาแปลผลได้ (Dose optimization)

เนื่องจากปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วยตลอดช่วงความยาวสแกน (DLP) ของงานวิจัยนี้ มีค่าสูงกว่าระดับรังสีอ้างอิงที่แนะนำในประเทศไทยและต่างประเทศ ยกเว้นประเทศญี่ปุ่น โดยค่าระยะสแกนเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วยตลอดช่วงความยาวสแกน (DLP) ดังนั้น ควรมีศึกษาวิจัยเพิ่มเติม แบบ Prospective study ในเรื่องของค่าระยะสแกนที่เหมาะสม และ

สาเหตุของการที่มีค่าระยะสแกนที่มากเกินไป เพื่อนำมาปรับปรุงโปรโตคอลให้ช่วยลดทั้งปริมาณรังสี
ดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วยตลอดช่วงความยาวสแกน (DLP) และปริมาณรังสียังผล (Effective dose) ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มงานรังสีวิทยาในการเก็บข้อมูลปริมาณรังสี จากระบบ Picture archiving and
communication systems (PACS) ในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. อรุณี ไทยะกุล, อรรถสิทธิ์ ศรีสุบัติ, สุรรัตน์ เชื้อผู้ดี, วรณิกา วงศ์ไกรศรีทอง. รายงานการศึกษา:
การประเมินการใช้เครื่องตรวจวินิจฉัยทางรังสีอาศัยเทคโนโลยีขั้นสูงในสถานบริการสุขภาพภาค
รัฐ [อินเทอร์เน็ต]. นนทบุรี: สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์ กรมการแพทย์
กระทรวงสาธารณสุข; 2555. [เข้าถึงเมื่อ 14 กันยายน 2566]. เข้าถึงได้จาก:
<http://www.imrta.dms.moph.go.th/imrta/images/ta2012.pdf>
2. Stewart C. Number of computer tomography (CT) scanners in selected countries as of
2021 [Internet]. Germany: Statista; 2023. [cited 2023 Dec 15]. Available from:
<https://www.statista.com/statistics/266539/distribution-of-equipment-for-computer-tomography/>
3. รังสีวิทยาสมาคมแห่งประเทศไทย. แนวทางการตรวจทางรังสีวินิจฉัยในผู้ป่วยตั้งครรภ์ หรือสงสัยว่า
ตั้งครรภ์ และผู้ป่วยที่ให้นมบุตร [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: รังสีวิทยาสมาคมแห่งประเทศไทย;
2021. [เข้าถึงเมื่อ 14 กันยายน 2566]. เข้าถึงได้จาก <https://www.rcrt.or.th/wp-content/uploads/2021/08/แนวทางการตรวจทางรังสีวินิจฉัยในผู้ป่วยตั้งครรภ์ฯ.pdf>
4. Vaňo E, Miller DL, Martin CJ, Rehani MM, Kang K, Rosenstein M, et al. ICRP Publication
135: Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. Ann ICRP. 2017;46:1-144.
5. International Atomic Energy Agency. Diagnostic Reference Levels (DRLs) in medical
imaging [Internet]. [cited 2023 Sep 14]. Available from: <https://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/nuclear-medicine/diagnostic-nuclear-medicine/diagnostic-reference-levels-in-medical-imaging>
6. Kanda R, Akahane M, Koba Y, Chang W, Akehana K, Okuda Y, et al. Developing diagnostic
reference levels in Japan. Jpn J Radiol. 2021;39:307-314.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

7. Deak PD, Smal Y, Kalender WA. Multisection CT protocols: sex- and age-specific conversion factors used to determine effective dose from dose-length product [Internet]. US: National Library of Medicine; 2010 [cited 2023 Sep 12]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20851940/>.
8. ศุภวิฑู สุขเพ็ญ. เทคนิคการถ่ายภาพเอกซเรย์ซีทีด้วยปริมาณรังสีที่เหมาะสม. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2565.
9. AAPM CT Lexicon version 2.0 [Internet]. 2022. [cited 2023 Sep 13]. Available from: <https://www.aapm.org/pubs/ctprotocols/documents/ctterminologylexicon.pdf>
10. Lee SK, Kim JS, Yoon SW, Kim JM. Development of CT effective dose conversion factors from clinical CT examinations in the Republic of Korea. Diagnostics(Basel) [Internet]. 2020 [cited 2023 Sep 12]. 10(9): 727. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PM C7554984/>
11. Shrimpton PC, Hillier MC, Lewis MA, Dunn M. National survey of doses from CT in the UK: 2003. Br J Radiol 2006;79:968-80.
12. Tsapaki V, Aldrich JE, Sharma R, Staniszevska MA, Krisanachinda A, Rehani M. et al. Dose reduction in CT while maintaining diagnostic confidence: diagnostic reference levels at routine head, chest, and abdominal CT--IAEA-coordinated research project. Radiology 2006;240:828-34.
13. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. ค่าปริมาณรังสีอ้างอิงในการถ่ายภาพรังสีวินิจฉัยทางการแพทย์ของประเทศไทย 2564 [อินเทอร์เน็ต]. ม.ป.ท.: ปิยอนด์ พับลิชชิง. 2564. [เข้าถึงเมื่อ 12 กันยายน 2566]. เข้าถึงได้จาก: <https://webapp1.dmsc.moph.go.th/petitionxray/web3/download/DRLsTotal.pdf>
14. G. Bongartz(CH), S.J. Golding(UK), A.G. Jurik(DK), M. Leonardi(I), E.v.P. van Meerten(NL), J. geleijns(NL), et al. European guidelines on quality criteria for computed tomography, Guidelines on radiation dose to the patient objective, EUR 16262 EN [Internet]. 2006. [cited 2023 Sep13]. Available from: : <https://www.drs.dk/guidelines/ct/quality/mainindex.htm>
15. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, effects and risks of ionizing radiation UNSCEAR 2020/2021 Report Volume I [Internet]. 2022. [cited 2023 Sep 20]. Available from: https://www.unscear.org/unscear/publications/2020_2021_1.html

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

16. ศรายุทธ วงศ์เหลา. การประเมินปริมาณรังสีของผู้ป่วยจากการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ใน สถาบันประสาทวิทยา. วารสารกรมการแพทย์. 2565;47(3): 51-9.
17. ยุทธนา เนตรวงศ์, ปุณทริกา บัวแสง. การประเมินปริมาณรังสีจากการตรวจด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์และการรักษาด้วยการใส่สายสวนหลอดเลือดสมองของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตันเฉียบพลัน. วารสารกรมการแพทย์. 2566; 48:110-7.