

ค่าปริมาณรังสีอ้างอิงจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในโรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้าเปรียบเทียบกับ
ค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของประเทศไทย

The reference radiation dose values from computed tomography examinations
at Somdetphraphutthaloetla Hospital compared with
Thai national diagnostic reference levels.

(Received: April 25,2025 ; Revised: April 28,2025 ; Accepted: April 29,2025)

ณัฐวัฒน์ ทังกลาง¹
Natthawatt Tangklang¹

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบย้อนหลัง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ของโรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้าและเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีอ้างอิงจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ประเทศไทย ประกอบด้วย ค่าปริมาณรังสีในหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน ปริมาณรังสีตลอดความยาวของการสแกน และปริมาณรังสียังผล กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยที่มาตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะส่วนทรวงอกและช่องท้อง ในระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2566 ถึงกันยายน พ.ศ. 2567 จำนวนทั้งหมด 1,138 ราย

ผลการศึกษาพบว่า ผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะไม่ใช้สารทึบรังสี ส่วนศีรษะใช้สารทึบรังสี ส่วนทรวงอกไม่ใช้สารทึบรังสี ส่วนทรวงอกใช้สารทึบรังสี ส่วนช่องท้องไม่ใช้สารทึบรังสี และส่วนช่องท้องใช้สารทึบรังสี มีค่าปริมาณรังสีในหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน เท่ากับ 59.11, 59.82, 10.21, 10.21, 13.59 และ 13.59 มิลลิเกรย์ ตามลำดับ ค่าปริมาณรังสีตลอดความยาวของการสแกน เท่ากับ 1,029, 1,074, 501.66, 501.66, 629.23, และ 629.23 มิลลิเกรย์เซนติเมตร ตามลำดับค่าปริมาณรังสียังผล เท่ากับ 2.33, 2.38, 6.74, 6.74, 7.32 และ 7.32 mSv มิลลิซีเวิร์ต ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ พบว่า การตรวจส่วนทรวงอกไม่ใช้สารทึบรังสี ส่วนช่องท้องไม่ใช้สารทึบแสงและใช้สารทึบรังสี มีค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีในหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน ปริมาณรังสีตลอดความยาวของการสแกน และปริมาณรังสียังผล ต่ำกว่าค่าอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ในขณะที่การตรวจส่วนศีรษะไม่ใช้สารทึบรังสีและใช้สารทึบรังสี มีค่าปริมาณรังสีในหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน ค่าปริมาณรังสีตลอดความยาวของการสแกน และค่าปริมาณรังสียังผล สูงกว่าค่าอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

คำสำคัญ: ค่าปริมาณรังสีจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์, ค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของประเทศไทย

Abstract

This research was retrospective study aimed at studying the results of radiation doses from computerized tomography at Somdetphraphutthaloetla Hospital and comparing the national diagnostic reference levels of the Department of Medical Sciences Ministry of Public Health in Thailand include computed tomography dose index volume (CTDIvol), Dose length product (DLP), and Effective dose. The sample group consisted of 1,138 patients who underwent CT scans of the brain, chest, and abdomen between October 2023 to September 2024.

The results of the study found that patients who underwent CT scans of the brain non contrast media, the brain contrast media, the chest non contrast media, the chest contrast media, whole abdomen non contrast media, and whole abdomen contrast media had CTDIvol of 59.11, 59.82, 10.21, 10.21, 13.59, and 113.59 mGy, the DLP were 1,029, 1,074, 501.66, 501.66, 629.23, and 629.23 mGy cm, The effective doses were 2.33, 2.38, 6.74, 6.74, 7.32, and 7.32 mSv. When compared with the reference radiation dose values of the Department of Medical Sciences, it was found that the examination of the chest non contrast media, chest contrast media, whole abdomen non contrast media, and whole abdomen contrast media showed a CTDIvol, DLP, and Effective dose lower than the reference values of

¹ นักรังสีการแพทย์ โรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้า จังหวัดสมุทรสงคราม

the Department of Medical Sciences. The examination of the brain non contrast media, brain contrast media chest showed a CTDIvol, DLP, and Effective dose higher than the reference values of the Department of Medical Sciences.

Keywords: Diagnostic reference level from computerized tomography examinations, Thai national diagnostic reference levels

บทนำ

ปัจจุบันการตรวจทางรังสีวินิจฉัยด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เป็นที่นิยมอย่างมาก โดยมีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก¹ เนื่องจากการตรวจที่ได้ข้อมูลภาพสามมิติ สามารถตรวจได้รวดเร็ว เมื่อเทียบกับการตรวจวินิจฉัยทางรังสีชนิดอื่น และช่วยในการวินิจฉัยโรคของแพทย์ให้มีความถูกต้องเพิ่มขึ้น² แต่การตรวจวินิจฉัยด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จะมีค่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับในระดับที่สูงเมื่อเทียบกับการตรวจทางเอกซเรย์วินิจฉัยทั่วไป³ ซึ่งปริมาณรังสีที่ได้รับมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเสี่ยงในการเกิดผลกระทบทางรังสี ทำให้เกิดการสะสมปริมาณรังสีในร่างกาย ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อร่างกายในลักษณะอาการที่ต่างกัน เช่น ต้อกระจก ความผิดปกติของกระดูก ไตวาย และอาจก่อให้เกิดมะเร็งในอนาคต⁴ จากรายงานของ The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)⁵ พบว่าปริมาณรังสีสะสมที่ได้รับจากทางการแพทย์ เกิดจากการใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ถึงร้อยละ 34 จึงต้องมีการควบคุมไม่ให้มีการใช้รังสีสูงเกินความจำเป็น แต่ยังคงภาพรังสีที่มีคุณภาพไว้¹ จึงมีหลายหน่วยงานในระดับนานาชาติ ให้คำแนะนำหลักการป้องกันอันตรายจากรังสี เช่น องค์การคณะกรรมการป้องกันอันตรายจากรังสี (ICRP) และทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) ให้ใช้ปริมาณรังสีอ้างอิง (Diagnostic reference levels; DRLs) เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในการพิจารณาความเหมาะสมของระดับปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยจะได้รับจากการถ่ายภาพทางรังสีวินิจฉัยต่างๆ โดย DRLs จะกำหนดวิธีการได้มาของค่าปริมาณรังสีอ้างอิง วิธีการวัดค่าปริมาณรังสี การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและการนำไปใช้งาน ซึ่งค่า DRLs คิดที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 75 ของค่ามัธยฐาน (Median) จากผลการสำรวจปริมาณรังสี

ที่ได้รับ ซึ่งในต่างประเทศได้นำคำแนะนำดังกล่าวไปจัดทำค่า DRLs ขึ้นในหลายประเทศ เช่น สหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา อังกฤษ ญี่ปุ่น เป็นต้น⁶

สำหรับประเทศไทย กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ได้เริ่มดำเนินการโครงการจัดทำปริมาณรังสีอ้างอิงจากเครื่องเอกซเรย์ทั่วไปและเครื่องเอกซเรย์ทางทันตกรรมในพ.ศ. 2560 และขยายการจัดทำปริมาณรังสีวินิจฉัยอ้างอิงจากเครื่องเอกซเรย์อื่นๆ ในปีต่อๆ มา โดยปริมาณรังสีอ้างอิงจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จัดทำในพ.ศ. 2561 ต่อมาในพ.ศ. 2564 จัดทำปริมาณรังสีอ้างอิงในการตรวจวินิจฉัยส่วนศีรษะ ทรวงอกและช่องท้องในผู้ใหญ่อายุ 18 ปีขึ้นไป และใน พ.ศ. 2566 จัดทำปริมาณรังสีอ้างอิงในการตรวจวินิจฉัยส่วนศีรษะ ทรวงอกและช่องท้องในผู้ใหญ่และส่วนศีรษะในเด็ก คิดที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 25, 50, 75 โดยระดับที่ใช้อ้างอิง คือ เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75⁶

ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจวินิจฉัยด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ จะรายงานในรูปของค่าปริมาณรังสีในหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน (Volumetric Computed Tomography Dose Index; CTDIvol) และค่าผลคูณของปริมาณ รังสีตลอดความยาวของการสแกน (Dose Length Product; DLP) ซึ่งจะไม่ใช้ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับโดยตรง แต่เป็นค่าที่มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ และนำไปใช้คำนวณค่าปริมาณรังสียังผล (Effective dose) ซึ่งเป็นปริมาณที่ใช้บ่งบอกถึงความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากการได้รับรังสี เช่น ความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งและการกลายพันธุ์ได้ต่อ^{7,8} ซึ่งค่า CTDIvol และ DLP จะปรากฏทางจอแสดงผลของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เมื่อการตรวจเสร็จสิ้นแล้วและนำข้อมูลเข้าระบบ Picture Archiving and Communication System (PACS)⁹

จากสถิติจำนวนผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในโรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้า ในปีงบประมาณ 2565 ถึง 2567 พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีจำนวน 8,836 10,067 และ 11,575 ราย ตามลำดับ¹⁰ ซึ่งโรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้า ยังไม่มีการสำรวจค่าปริมาณรังสีจากการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ของโรงพยาบาล ผู้ศึกษาในฐานะนักรังสีการแพทย์ มีหน้าที่ออกแบบเทคนิค ควบคุม ดูแลและหาวิธีการให้ปริมาณรังสีที่มีความเหมาะสมกับผู้ป่วย ตามกระบวนการ Optimization ที่ต้องใช้รังสีในปริมาณที่น้อยที่สุดแต่ยังคงคุณภาพถ่ายรังสีที่มีรายละเอียดภาพตรงตามแพทย์ต้องการ จึงมีความสนใจศึกษาปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ของโรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้า เปรียบเทียบกับปริมาณรังสีอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข อันจะนำไปสู่การพัฒนาเทคนิคการถ่ายภาพรังสี เพื่อลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับในอนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ ทรวงอก และช่องท้อง ของโรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้าและเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีอ้างอิงจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ของกรมวิทยาศาสตร์ การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ประเทศไทย

วิธีการวิจัย

การศึกษาย้อนหลัง(Retrospective study)

กลุ่มตัวอย่าง คำนวณจากสูตรหากลุ่มตัวอย่างของ Yamane¹¹ ได้ผู้ป่วยกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 1,138 ราย จำแนกตามกลุ่มการตรวจวินิจฉัย ดังนี้ กลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ ไม่ใช้สารทึบรังสี (Brain non contrast media) กลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ ใช้สารทึบรังสี (Brain contrast media) กลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนทรวงอกไม่ใช้สาร

ทึบรังสี (Chest non contrast media) และใช้สารทึบรังสี (Chest contrast media) กลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ช่องท้องไม่ใช้สารทึบรังสี (Whole Abdominal non contrast media) และใช้สารทึบรังสี (Whole Abdominal contrast media) จำนวน 359, 209, 281, 289 ราย ตามลำดับ

เกณฑ์การคัดเข้า (inclusion criteria) ดังนี้ ผู้ป่วยที่มีอายุมากกว่า 18 ปี มีน้ำหนักตัวระหว่าง 45 - 75 กิโลกรัม

เกณฑ์การคัดออก (exclusion criteria) ดังนี้ ข้อมูลที่ได้ไม่สมบูรณ์ ผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจด้วยวิธีอื่น เช่น CT angiography, high resolution CT chest, low dose screening CT chest เนื่องจากมีเทคนิคการตรวจที่แตกต่างกัน อาจมีผลให้ค่าปริมาณรังสีมีค่าผิดจากความจริง ผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจมากกว่า 1 ส่วน ในคราวเดียวกัน เพื่อป้องกันการประเมินค่ารังสีที่มากหรือต่ำกว่าความจริง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ความเร็วสูง (Multidetector CT) ชนิด 32 slice ยี่ห้อ Canon รุ่น Aquilion Lightning สามารถประมวลผลและแสดงค่า CTDIvol และ DLP หน้าจอเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หลังเสร็จสิ้น โดยจัดเก็บข้อมูลในเครื่องเอกซเรย์และระบบ PACS ของโรงพยาบาลได้ โดยมีหลักเกณฑ์การตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

1.1 ค่าความต่างศักย์มาตรฐาน (Standard kVp) เท่ากับ ๑๒๐ kVp สำหรับการตรวจด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในทุกราย

1.2 ค่า mAs ที่ใช้ในการตรวจศีรษะเป็นแบบตั้งค่าคงที่เท่ากับ 165 ส่วน mAs ที่ใช้ตรวจทรวงอกและช่องท้องเป็นแบบอัตโนมัติ (Automatic Exposure Control, AEC) มีค่าเปลี่ยนแปลงตามความหนาของอวัยวะที่ถ่ายภาพ

1.3 ใช้ขนาดลำรังสี 64*0.625 สำหรับการตรวจด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ ทรวงอกและช่องท้องในทุกราย

1.4 ใช้อัตราส่วนพิตช์ (Pitch) ในการตรวจศีรษะน้อยกว่า 1 เป็นการสแกนแบบเหลื่อมสไลด์

ส่วนการตรวจทรวงอกและช่องท้องใช้อัตราส่วนพิตช์ (Pitch) มากกว่าหรือเท่ากับ 1 เป็นการสแกนแบบมีระยะห่างระหว่างชิ้นภาพ

1.5 ความยาวสแกน (Scan length) มีความสัมพันธ์กับ Volume of investigation ตามมาตรฐานการตรวจแต่ละประเภท

2. แบบบันทึกข้อมูลการตรวจด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ของผู้ป่วย ได้แก่ ค่าพารามิเตอร์ อายุ น้ำหนักตัว ประเภทการตรวจ ค่า CTDIvol ค่า DLP และค่า Effective dose ที่ได้จากการคำนวณ

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

1. จัดบันทึกข้อมูลผู้ป่วยที่ได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ ได้แก่ Brain non contrast media และ Brain contrast media ส่วนทรวงอก ได้แก่ Chest non contrast media และ Chest contrast media ส่วนช่องท้อง ได้แก่ Whole abdomen non contrast media และ Whole abdomen contrast media จากระบบ PACS ของโรงพยาบาลและ HoMC ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2566 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2567

2. คำนวณค่าปริมาณรังสียังผล (Effective dose; ED) ของผู้ป่วยแต่ละราย พร้อมค่าควอร์ไทล์ที่ 3 (3rd quartile) ของข้อมูลแต่ละส่วนที่ตรวจเอกซเรย์และบันทึกผลลงในแบบบันทึกการตรวจด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

3. คำนวณค่าปริมาณรังสีอ้างอิงจากค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 ของค่ามัธยฐาน (Median) ที่ได้จากการสำรวจปริมาณรังสีในหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน (CT dose Index: CTDIvol) และปริมาณรังสีตลอดความยาวของการสแกน (Dose length product: DLP)

4. เปรียบเทียบค่า CTDIvol, DLP, Effective dose กับปริมาณรังสีอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

5. วิเคราะห์ผลจากการเปรียบเทียบปริมาณรังสีอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบบันทึกข้อมูลการตรวจด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย ได้แก่ อายุ น้ำหนักตัว ใช้ Descriptive Statistics จำนวน ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ mAs, scan length ใช้ Descriptive Statistics ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

3. ข้อมูลปริมาณรังสีในหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน (CTDIvol) ปริมาณรังสีตลอดความยาวของการสแกน (DLP) จากการตรวจด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ ทรวงอกและ ช่องท้อง ใช้ Descriptive statistics ได้แก่ ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่ามัธยฐาน (Median) และค่าควอร์ไทล์ที่ 3 (3rd quartile) หรือเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 (ค่ากึ่งกลางระหว่างค่า มัธยฐาน (Median) กับค่าข้อมูลสูงสุด (Maximum))

4. ปริมาณรังสียังผล (Effective doses; ED) คำนวณด้วยผลคูณระหว่าง DLP และ conversion factor ของแต่ละส่วนที่ตรวจวินิจฉัย โดยใช้ค่าควอร์ไทล์ที่ 3 (3rd quartile)

5. เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 ของปริมาณรังสีในหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน (CTDIvol) เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 ของปริมาณรังสีตลอดความยาวของการสแกน (DLP) ปริมาณรังสียังผล (Effective doses; ED) จากการตรวจด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ ทรวงอกและช่องท้องกับค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

จริยธรรมการวิจัย

ขออนุญาตจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของโรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้า ได้รับการอนุมัติตามใบอนุญาตเลขที่ COA No. 97 ลงวันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ. 2567

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลพื้นฐานกลุ่มตัวอย่าง ผู้ป่วยกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับตรวจวินิจฉัยด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์มีจำนวนทั้งหมด 1,138 ราย จำแนกเป็นกลุ่ม CT brain without contrast media จำนวน 359 ราย อายุเฉลี่ย 49.37 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 58.63 กิโลกรัม กลุ่ม CT brain with contrast media อายุเฉลี่ย 51.89 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 58.16 กิโลกรัม กลุ่ม CT chest with contrast media และ CT chest contrast media อายุเฉลี่ย 54.42 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 59.01 กิโลกรัม และกลุ่ม CT whole abdomen non contrast และ whole abdomen contrast media อายุเฉลี่ย 54.44 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 59.42 กิโลกรัม

2. ค่าพารามิเตอร์ที่ตั้งในการตรวจวินิจฉัยเอกซเรย์ คอมพิวเตอร์ ค่าพารามิเตอร์ที่ตั้งในการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์และมีส่วนสัมพันธ์กับปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ ได้แก่ ค่าความต่างศักย์ที่ใช้ตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (kVp) ทุกส่วนที่เอกซเรย์ได้รับการตั้งค่าเท่ากัน คือ ๑๒๐ kVp ค่าระยะการ

เลื่อนของเตียงต่อการหมุนครบรอบของหลอดเอกซเรย์ (Pitch) กลุ่มเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะได้รับการตั้งค่าเท่ากัน คือ 0.4 กลุ่มเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนทรวงอก ได้รับการตั้งค่าเท่ากัน คือ 1.0 ค่ากระแสหลอดสูงสุดที่ใช้ตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (mAs) กลุ่มเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ ได้รับการตั้งค่าเท่ากัน คือ 165 กลุ่มเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนทรวงอก ได้รับการตั้งค่าเท่ากัน คือ 69.77 กลุ่มเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนช่องท้อง ได้รับการตั้งค่าเท่ากัน คือ 82.32 ค่าระยะความยาวในการสแกนภาพ (Scan length) กลุ่มเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ ได้รับการตั้งค่าเท่ากัน คือ 17.26 กลุ่มเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนทรวงอก ได้รับการตั้งค่าเท่ากัน คือ 46.96 กลุ่มเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนช่องท้อง ได้รับการตั้งค่าเท่ากัน คือ 48.17 ค่า phantom size กลุ่มเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ ได้รับการตั้งค่าเท่ากัน คือ 16 cm กลุ่มเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนทรวงอกและช่องท้อง ได้รับการตั้งค่าเท่ากัน คือ 32 cm (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดในการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ ทรวงอก และช่องท้อง

ส่วนที่เอกซเรย์	kVp	pitch	mAs mean $\pm$ SD	scan length (cm) mean $\pm$ SD	phantom size (cm)
Brain NC	120	0.4	165.36 $\pm$ 2.65	17.26 $\pm$ 0.79	Head 16
Brain CM	120	0.4	165.84 $\pm$ 2.61	17.54 $\pm$ 0.92	Head 16
Chest NC	120	1.0	69.77 $\pm$ 15.51	46.96 $\pm$ 13.78	Body 32
Chest CM	120	1.0	69.77 $\pm$ 15.51	46.96 $\pm$ 13.78	Body 32
Whole abdomen NC	120	1.0	82.32 $\pm$ 25.53	48.17 $\pm$ 10.12	Body 32
Whole abdomen MC	120	1.0	82.32 $\pm$ 25.53	48.17 $\pm$ 10.12	Body 32

kVp = ค่าความต่างศักย์ที่ใช้ตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์, mAs = ค่ากระแสหลอดสูงสุดที่ใช้ตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

pitch = ระยะการเลื่อนของเตียงต่อการหมุนครบรอบของหลอดเอกซเรย์, scan length = ระยะความยาวในการสแกนภาพ

mean = ค่าเฉลี่ย, SD = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน phantom size = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหุ่นจำลองศีรษะ ลำตัว

3. ค่าปริมาณรังสีในหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน (CTDIvol) ปริมาณรังสีตลอดความยาวของการสแกน (DLP) และปริมาณรังสียังผล (ED) ของการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ ทรวงอก และช่องท้อง ผลการศึกษาค่าปริมาณรังสีในหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน (CTDIvol) ปริมาณรังสีตลอดความยาวของการสแกน (DLP) และปริมาณรังสี

ยังผล (ED) พบว่าการตรวจส่วนศีรษะ ได้แก่ CT brain non contrast media ได้ค่าเท่ากับ 59.11 mGy, 1,012 mGy.cm และ 2.33 mSv ตามลำดับ CT brain contrast media ได้ค่าเท่ากับ 59.82 mGy, 1,012 mGy.cm และ 2.38 mSv ตามลำดับ การตรวจส่วนทรวงอก ได้แก่ CT chest non contrast media และ contrast media ได้ค่าเท่ากัน คือ 10.21 mGy,

406.40 mGy.cm และ 6.74 mSv ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาการตรวจส่วนช่องท้อง ได้แก่ CT Whole abdomen non contrast media และ contrast media ได้ค่าเท่ากัน 13.59 mGy, 629.23 mGy.cm 7.32 mSv (ตารางที่ 2)

4. การเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีในหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน (CTDIvol) ปริมาณรังสีตลอดความยาวของการสแกน (DLP) และปริมาณรังสียังผล (ED) ของการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ ทรวงอก และช่องท้องกับค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์_การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ

(Brain non contrast media, Brain contrast media) มีค่าปริมาณรังสี CTDIvol, DLP และ Effective dose (ED) สูงกว่าค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนทรวงอก (Chest non contrast media, Chest non contrast media) และส่วนช่องท้อง (Whole abdomen non contrast media, Whole abdomen contrast media) มีค่าปริมาณรังสี CTDIvol, DLP และ Effective dose (ED) ต่ำกว่าค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของกรม วิทยาศาสตร์การแพทย์ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 ค่าปริมาณรังสีหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน (CTDIvol) ปริมาณรังสีตลอดความยาวของการสแกน (DLP) และปริมาณรังสียังผล (ED) ของการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ ทรวงอก และช่องท้อง (n=1,138)

ส่วนที่เอกซเรย์	จำนวน (ราย)	CTDIvol (mGy)			DLP (mGy.cm)			ED*
		min-max	median	P75	min-max	median	P75	
Brain NC	359	45.9 - 61.5	58.80	59.11	837-1,091.70	1,012	1,029	2.33
Brain CM	209	37.60-61.50	58.80	59.82	806.20-1,295	1,012	1,074	2.38
Chest NC	281	6.30 - 17.60	8.00	10.21	181.70-724.50	406.40	501.66	6.74
Chest CM	281	6.30 - 17.60	8.00	10.21	181.70-724.50	406.40	501.66	6.74
Whole abdomen NC	289	4.90 -49.00	9.70	13.59	181.70-860.20	449.00	629.23	7.32
Whole abdomen CM	289	4.90 -49.00	9.70	13.59	181.70-860.20	449.00	629.23	7.32

* k factor: Head = 0.0023 mSv /mGy.cm, Chest= 0.017 mSv /mGy.cm, Abdomen = 0.015 mSv /mGy.cm

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณรังสีหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน (CTDIvol) ปริมาณรังสีตลอดความยาวของการสแกน (DLP) และปริมาณรังสียังผล (ED) ของการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ ทรวงอก และช่องท้องกับค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (n=1,138)

ส่วนที่เอกซเรย์	โรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้า					กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์		
	CTDIvol median (mGy)	DLP Median (mGy.cm)	CTDIvol P75 (mGy)	DLP P75 (mGy.cm)	ED (mSv)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy.cm)	ED (mSv)
Brain NC	58.80	1,012	59.11	1,029	2.33	52.9	1,125	2.40
Brain CM	58.80	1,012	59.82	1,074	2.38	57.2	1,166	2.20
Chest NC	8.00	406.40	10.21	501.66	6.74	12.1	581	7.10
Chest CM	8.00	406.40	10.21	501.66	6.74	14.8	590	11.30
Whole abdomen NC	9.70	449.00	13.59	629.23	7.32	18	712	10.80
Whole abdomen CM	9.70	449.00	13.59	629.23	7.32	15.7	748	10.80

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ ได้แก่ วัตถุประสงค์ที่ 1 เพื่อศึกษาปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ ทรวงอก และช่องท้อง ของโรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้า โดยปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับรายงานด้วยค่าปริมาณรังสีในหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน (CTDIvol) ค่าปริมาณรังสีตลอดความยาวของการสแกน (DLP) และค่าปริมาณรังสียังผล (ED) จากผลการศึกษาพบว่า ผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ Brain non contrast media, Brain contrast media, Chest non contrast media, Chest non contrast media , Whole abdomen non contrast media, Whole abdomen contrast media มีค่า CTDIvol เท่ากับ 59.11, 59.82, 10.21, 10.21, 13.59 และ 13.50 mGy ตามลำดับ ค่า DLP เท่ากับ 1,029, 1,074, 501.66, 501.66, 629.23 และ 629.23 mGy.cm ตามลำดับ ค่า ED เท่ากับ 2.33, 2.38, 6.74, 6.74, 7.32 และ 7.32 mSv ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรณยุภา อุชลิบ⁷ ที่ศึกษาการประเมินค่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่โรงพยาบาลราชบุรี พบว่า ผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ ไม่ใช้สารทึบรังสี ส่วนศีรษะใช้สารทึบรังสี ส่วนทรวงอกใช้สารทึบรังสี ทรวงอกไม่ใช้สารทึบรังสี ช่องท้องไม่ใช้สารทึบรังสีและใช้สารทึบรังสี มีค่า CTDIvol เท่ากับ 63.0, 58.1, 11.9, 11.9, 12.0 และ 12.0 mGy ตามลำดับ ค่า DLP เท่ากับ 1,335, 1,338, 542.5, 542, 702, และ 690.7 mGy.cm ตามลำดับ งานวิจัยของ ธิญญรัตน์ ทรัพย์รัตนาเดโช¹² ศึกษาการประเมินปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ของโรงพยาบาลสิรินธร พบว่า ผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ Brain non contrast media, Brain contrast media Chest non contrast media, Chest non contrast media , Whole abdomen non contrast media, Whole abdomen contrast media มีค่า CTDIvol เท่ากับ 40.0, 40.0, 12.9, 12.8, 13.29 และ 13.27 mGy

ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย DLP เท่ากับ 878.6, 878.6, 525.9, 524.7, 700.45 และ 698.9 mGy.cm ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในแต่ละส่วนดังกล่าวของโรงพยาบาลทั้ง 2 แห่ง รวมทั้งงานวิจัยนี้มีปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ เช่น น้ำหนักตัวเฉลี่ย เทคนิคในการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่มีผลต่อปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับเหมือนกัน ทำให้ค่า พารามิเตอร์ที่ตั้งมีความใกล้เคียงกันได้แก่ ค่าความต่างศักย์ (kVp) อัตราส่วนพิทช์ (Pitch) ค่ากระแสหลอดสูงสุด (mAs) และความยาวสแกน (Scan length) เป็นต้น^{8,13} แต่ทั้ง 2 โรงพยาบาลไม่ได้นำเสนอค่าปริมาณรังสียังผล (ED) ซึ่งค่าความใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ เนื่องจากค่า ED คือ ค่าแก้ค่า (Conversion factor; k factor) คูณกับค่าปริมาณรังสีกับความยาวสแกน (DLP) โดยที่ k factor) เป็นค่าคงที่ของการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนต่างๆ ของร่างกาย¹⁴ วัตถุประสงค์ที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ของโรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้ากับปริมาณรังสีอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข พบว่า การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะ ได้แก่ Brain non contrast media, Brain contrast media มีค่าปริมาณรังสี CTDIvol, DLP และ Effective dose (ED) สูงกว่าค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ แสดงว่าผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีเกินค่าอ้างอิงมาตรฐาน ซึ่งจากการศึกษาไบโโดคอลเกี่ยวกับเทคนิคการตั้งพารามิเตอร์ในการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองพบว่า ในงานวิจัยนี้มีการตั้งค่าความต่างศักย์หลอดเอกซเรย์ (kVp) ค่ากระแสหลอดเอกซเรย์คูณระยะเวลาในการสแกน (mAs) อยู่ในค่าที่ไบโโดคอลแนะนำ แต่พบว่า ตั้งค่า pitch ต่ำกว่าค่าที่แนะนำในไบโโดคอล คือ 0.5 โดยตั้งไว้ที่ 0.4 อาจเนื่องจากการต้องการความละเอียดของภาพรังสีสมอง จึงทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีสูงขึ้น¹⁵ นอกจากนี้ยังพบการตั้งระยะหรือความยาว ในการสแกนภาพ (Scan length) ในการตรวจเอกซเรย์สมองแบบไม่ฉีดสารทึบรังสี สูงกว่าการรายงานค่าของ

รายงานค่าปริมาณรังสีอ้างอิงของประเทศไทยปริมาณรังสีอ้างอิงของประเทศไทย คือ 16.5 เซนติเมตร⁶ โดยตั้งไว้ที่ 17.26 เซนติเมตร จึงมีผลให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีสูงขึ้น แต่อย่างไรในที่นี้ไม่มีข้อมูลพารามิเตอร์อื่นที่สัมพันธ์กับปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับนอกเหนือจากนี้ที่ต้องนำมาพิจารณาร่วมด้วยว่าเทคนิคการตั้งค่าเหมาะสมหรือไม่ เช่น signal-to-noise ratio (SNR) level, iterative reconstruction value, Clearview iterative reconstruction (IR) เป็นต้น¹⁵ เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์และพัฒนาเทคนิคการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ผู้ป่วยปลอดภัยจากการได้รับรังสีเกินความจำเป็นในระยะต่อไป

ข้อเสนอแนะ

พัฒนาเทคนิคการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะโดยใช้สารทึบรังสี เพื่อลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ ด้วยการใช้ซอฟต์แวร์ (Software) ที่มีอยู่แล้วในเครื่องช่วยลดปริมาณรังสีที่มีชื่อเรียกทางการค้าต่างๆกันไป หรือการปรับค่าเทคนิคต่างๆที่สามารถเปลี่ยนได้ในโปรแกรมของการตรวจเอกซเรย์ให้เหมาะสมกับผู้ป่วย ซึ่งควรศึกษาหา

ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการตรวจวินิจฉัยด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนศีรษะโดยใช้สารทึบรังสีที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีลดลง และคุณภาพของภาพรังสีอยู่ในเกณฑ์ดี โดยศึกษาจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เช่น การปรับลดค่าความต่างศักย์ (kVp) ลดค่า กระแสหลอดสูงสุด ลดค่าระยะการเลื่อนของเตียงต่อการหมุนครบรอบของหลอดเอกซเรย์ (Pitch) ลดระยะความยาวในการสแกนภาพ (Scan length) เป็นต้น ทั้งนี้ควรคำนึงหลักการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ หรือองค์การต่างๆ ในต่างประเทศ ร่วมด้วย และนำมาทดลองโดยการสแกนกับหุ่นจำลองศีรษะ เพื่อประเมินปริมาณรังสีและคุณภาพของภาพรังสีการใช้อีก่อนนำไปใช้กับผู้ป่วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ โดยได้รับความกรุณาจากนายแพทย์จรัส ปันกองงาม ผู้อำนวยการโรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้าและนายแพทย์ นวพงษ์ ชีवालพานิชย์ หัวหน้ากลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้า ในการส่งเสริมสนับสนุนในการทำวิจัย ให้คำปรึกษาการดำเนินงานวิจัย การใช้ค่าสถิติต่างๆ เพื่อให้การวิจัยมีความสมบูรณ์ และมีความถูกต้องยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. International Atomic Energy Agency (IAEA). Dose reduction in CT while maintaining diagnostic confidence: a feasibility/demonstration study. [Internet]. 2009 [cited 2024 September 10]. Available from: https://www.pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1621_web.pdf
2. สายใหม่ เสี่ยงใหญ่, ชีวภาพ ธนสมบัติสกุล, ณัฐมน เทพยุหะ, ปณิสตา อวิคุณประเสริฐ, ปฐมาภรณ์ โมลี, กานต์ รติศรี, และธนพล เดชวิริยะกิจ. การศึกษาปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับบริเวณเส้นตาดจากการตรวจสมอง ด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ 64 และ 128 สไลซ์. ศรีนครินทร์เวชสาร 2565; 37(5): 552 - 556.
3. Jacobson, A. What Does a CT Scan Show? Here's the Difference Between CTScan vs. X-Ray. [Internet]. 2023 [cited 2024 September 10]. Available from: <https://www.goodrx.com/health-topic/diagnostics/ct-scan-vs-xray>
4. ศูนย์บริหารความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล. แนวปฏิบัติเพื่อความปลอดภัย ทางรังสี มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ: ทองสุพรรณ; 2555.
5. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. [Internet]. 2010 [cited 2024 October 3]. Available from: <https://digitallibrary.un.org/record/692162?v=pdf#files>

6. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. ค่าปริมาณรังสีอ้างอิงในการถ่ายภาพรังสีวินิจฉัยทางการแพทย์ของประเทศไทย 2566. กรุงเทพฯ: ปิยอนด์ พับลิชชิง; 2566.
7. วรณยูภา อุชลิบ. การประเมินค่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่โรงพยาบาลราชบุรี. วารสารการแพทย์โรงพยาบาลอุดรธานี 2565; 31(2): 182 – 190.
8. ศุภวิทู สุขเพ็ง. (2564). การวัดปริมาณรังสีเอกซ์จากการตรวจวินิจฉัยและแนวทางการใช้รังสีอย่างเหมาะสม [อินเทอร์เน็ต]. 2564 สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2567]. เข้าถึงจาก: <https://www.nupress.grad.nu.ac.th/shop/product/9786167902593/>
9. ศรายุทธ วงศ์เหลา. การประเมินปริมาณรังสีของผู้ป่วยจากการตรวจ ด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ในสถาบันประสาทวิทยา. วารสารกรมการแพทย์ 2565; 47(3): 51 – 59:
10. หน่วยงานรังสี โรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้า. (2567). รายงานจำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับบริการการตรวจทางรังสี ปีงบประมาณ 2565, 2566, 2567 ทางระบบ HoMC.
11. Yamane T. Statistics. An Introductory Analysis. 2nd ed. New York: Harper & Row; 1967.
12. ธัญญรัตน์ ทรัพย์รดาเดชิต. การประเมินปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ของโรงพยาบาลสิรินธร. กลุ่มงานรังสีวิทยา กลุ่มภารกิจด้านบริการตติยภูมิ โรงพยาบาลสิรินธร; 2565.
13. จุฬาลักษณ์ บุญมา, สุภาวดี ครุวรรณินทร์, และวินัส วิเศษแสง. การประเมินปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยวัยผู้ใหญ่ได้รับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ช่องท้องที่โรงพยาบาลศิริราช. วารสารรังสีวิทยาศิริราช 2561; 5(1) : 8 – 24.
14. อภิชา โมราศิลป์. ศึกษาค่าผลคูณปริมาณรังสีตลอดความยาวของการสแกนจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ของส่วนศีรษะ ทรวงอก และช่องท้องในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนครราชสีมา. [อินเทอร์เน็ต]. 2565. สืบค้นเมื่อ 22 กันยายน 2567]. เข้าถึงจาก: https://wichakan.mecnst.com/file_content/20220114165694888.pdf
15. Prabsattroo T., Wachirasirikul K., Tansangworn P., and Punikhom P. The Dose Optimization and Evaluation of Image Quality in the Adult Brain Protocols of Multi-Slice Computed Tomography: A Phantom Study. J. Imaging 2023, 9(12), 264.