การประเมินปริมาณรังสีของผู้ป่วยจากการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ในสถาบันประสาทวิทยา

ศรายุทธ วงศ์เหลา วท.บ.
สถาบันประสาทวิทยา กรมการแพทย์ แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

Abstract: Evaluation of the Patient Radiation Doses from Computed Tomography (CT) in Neurological Institute of Thailand

Sarayut Wonglao, B.Sc.
Neurological Institute of Thailand, Khwang Thung Phyathai, Khet Ratcha Thewi, Bangkok 10400
(E-mail: sr-wonglao@outlook.com)
(Received: 24 January, 2022; Revised: 29 May, 2022; Accepted: 19 August, 2022)

Background: Neurological Institute of Thailand does not yet have the data collection of patients' radiation doses from a computed tomography (CT) in adults. For comparison to Diagnostic Reference Levels (DRLs) from other countries. Objective: To evaluate the patient's radiation doses received from a CT scan in adults. Method: The retrospective study of the patient's radiation doses reported from PACS that we evaluate between October 2019 to March 2020. The data of 213 adult patients (100 males and 113 females) had standard body size (45-75 kg) in Thai people. The single phase studies were CT brain non contrast media (CT brain NC), CT brain with contrast media (CT brain CM), CT C-Spine, CT L-Spine, CT Angiogram (CTA) brain, and CTA carotid. The multi-phase studies were CT brain CM, CTA brain, and CTA carotid. We recorded and calculated data of the $CTDI_{vol}$, DLP and effective dose (E) to show mean (SD), P50, P75 and range. Then P50 of each study was compared to other DRLs. Results: The P50 of the $CTDI_{vol}$, DLP, and E for single phase CT brain NC was 47.52 mGy, 990 mGy-cm, and 2.08 mSv. CT brain CM was 45.37 mGy, 906.50 mGy-cm, and 1.90 mSv. CT C-Spine was 24.53 mGy, 560.50 mGy-cm, and 3.31 mSv. CT L-Spine was 14.94 mGy, 379 mGy-cm, and 5.69 mSv. CTA brain was 24.14 mGy, 279 mGy-cm, and 0.59 mSv. CTA carotid was 8.75 mGy, 327 mGy-cm, and 1.01 mSv, respectively. For multi-phase CT brain CM was 45.37 mGy, 1848 mGy-cm, and 3.88 mSv, respectively. CTA brain was 27.40 mGy, 1956 mGy-cm, and 4.11 mSv. CTA carotid was 17.71 mGy, 2150.50 mGy-cm, and 6.67 mSv, respectively. Conclusion: The study found that most of the $CTDI_{vol}$ were lower than standard international DRLs of other countries, but the DLP was higher in some CT protocols due to scan length. Furthermore the results of DRLs in this study should be practical tools to promote optimization and monitoring of patient radiation dose in Neurological Institute of Thailand.

Keywords: Diagnostic Reference Levels (DRLs), Volume Computed Tomography dose index ($CTDI_{vol}$), Dose Length Product (DLP), Effective dose (E)

บทคัดย่อ

ภูมิหลัง: สถาบันประสาทวิทยายังไม่มีการเก็บข้อมูลและหาปริมาณรังสีของผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจด้วยเครื่อง CT ในผู้ใหญ่ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการเปรียบเทียบค่า DRLs กับประเทศอื่น ๆ วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาและประเมินปริมาณรังสีจากผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจด้วยเครื่อง CT ในผู้ใหญ่ วิธีการ: เป็นการศึกษาข้อมูลย้อนหลัง (retrospective study) ของผู้ป่วยจากระบบ PACS ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 โดยวิธีสุ่มตัวอย่างจำนวน 213 คน (ชาย 100 คน และหญิง 113 คน) ซึ่งมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 45-75 กิโลกรัม แบ่งเป็นการตรวจ CT brain non contrast media (CT brain NC), CT brain with contrast media (CM), CT C-Spine, CT L-Spine, CT Angiogram (CTA) brain และ CTA carotid artery จากนั้นบันทึกและคำนวณค่าปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$, DLP และ E แต่ละส่วนตรวจในรูปแบบการตรวจแบบ single phase

และ multi-phase แสดงค่า mean (SD), P50, P75 และ range เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่า DRLs กับประเทศอื่น ๆ **ผล:** ค่า P50 ของปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$, DLP และ E การตรวจแบบ single phase ของ CT brain NC มีค่าเท่ากับ 47.52 mGy, 990 mGy-cm และ 2.08 mSv การตรวจ CT brain CM มีค่าเท่ากับ 45.37 mGy, 906.50 mGy-cm และ 1.90 mSv การตรวจ CT C-Spine มีค่าเท่ากับ 24.53 mGy, 560.50 mGy-cm และ 3.31 mSv การตรวจ CT L-Spine มีค่าเท่ากับ 14.94 mGy, 379 mGy-cm และ 5.69 mSv การตรวจ CTA brain มีค่าเท่ากับ 24.14 mGy, 279 mGy-cm และ 0.59 mSv และการตรวจ CTA carotid มีค่าเท่ากับ 8.75 mGy, 327 mGy-cm และ 1.01 mSv ตามลำดับ สำหรับการตรวจแบบ multi-phase การตรวจ CT brain CM มีค่าเท่ากับ 45.37 mGy, 1848 mGy-cm และ 3.88 mSv การตรวจ CTA brain มีค่าเท่ากับ 27.40 mGy, 1956 mGy-cm และ 4.11 mSv และการตรวจ CTA carotid มีค่าเท่ากับ 17.71 mGy, 2150.50 mGy-cm และ 6.67 mSv ตามลำดับ **สรุป:** ค่า DRLs ของ $CTDI_{vol}$ ของการศึกษานี้ ส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าประเทศอื่น ๆ แต่ค่า DRLs ของ DLP นั้น ในบางการตรวจมีค่าสูงกว่า เกิดจาก scan length เราสามารถนำไปปรับใช้ในการทำงานภายในสถาบันต่อไป

คำสำคัญ: ปริมาณรังสีอ้างอิง (DRLs), ปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$, ปริมาณรังสี DLP, ปริมาณรังสียังผล

บทนำ

ปัจจุบันการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (computed tomography; CT) มีบทบาทสำคัญในการตรวจวินิจฉัยทางรังสีและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เป็นเครื่องมือการตรวจทางรังสีวินิจฉัยที่ทำให้ผู้ป่วยได้รับรังสีสูง ดังนั้นปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจึงเป็นสิ่งที่ต้องตระหนักเป็นอย่างยิ่งและต้องตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ เพื่อหาแนวทางที่เป็นมาตรฐานในการควบคุมและจัดการปริมาณรังสีที่ให้กับผู้ป่วย ทั้งนี้องค์กร International Commission on Radiological Protection (ICRP)[1] แนะนำแต่ละประเทศ กำหนดค่า Diagnostic Reference Levels (DRLs) ซึ่งเป็นปริมาณรังสีอ้างอิงของการถ่ายภาพทางรังสีวินิจฉัย เป็นปริมาณรังสีที่เหมาะสมที่ผู้ป่วยจะได้รับและแพทย์สามารถนำไปใช้ในการวินิจฉัยได้ โดยวิเคราะห์จากค่าควอไทล์ (quartile) ที่ 3 หรือค่าเปอร์เซ็นไทล์ (percentile) ที่ 75 ของค่ามัธยฐาน (median) ปริมาณรังสีของกลุ่มประชากรขนาดมาตรฐานที่สำรวจ บนสมมติฐานที่ว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ของการตรวจใช้ปริมาณรังสีสูงกว่าที่อื่นเป็นการใช้ปริมาณรังสีเกินความจำเป็น ค่า DRLs ที่ได้นำไปเปรียบเทียบค่า DRLs กับประเทศอื่น ๆ เพื่อประเมินว่าเทคนิคการตรวจหรือโปรโตคอล (protocol) ที่ใช้ให้ค่าปริมาณรังสีสูงหรือต่ำกว่า เพื่อเป็นการเฝ้าระวังหรือเฝ้าติดตามปริมาณรังสี ในการใช้ปริมาณรังสีที่เหมาะสม (optimization) และที่สำคัญไม่ใช่การเอาค่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับแต่ละคนมาเปรียบเทียบ เพื่อไม่ให้เกินค่า DRLs นี้

ค่าปริมาณรังสีที่เกิดจากการตรวจด้วยเครื่อง CT นั้นประกอบไปด้วย Volume Computed Tomography dose index ($CTDI_{vol}$) คือปริมาณรังสีในหนึ่งหน่วยปริมาตรของการสแกน (scan) เป็นค่าประมาณการ (estimate) ของปริมาณรังสี ซึ่งไม่ใช่ค่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ มีหน่วยเป็นมิลลิเกรย์ (mGy) และค่า Dose Length Product (DLP) คือปริมาณรังสีตลอดช่วงความยาวของการสแกน (scan length) ใช้ประเมินผลกระทบทางชีวภาพจากการได้รับรังสีมีหน่วยเป็นมิลลิเกรย์–เซนติเมตร (mGy-cm) โดยค่า $CTDI_{vol}$[1-2] หาได้จากผลหารระหว่างค่า weigthed CTDI ($CTDI_w$) กับอัตราส่วนพิตช์ (pitch) ดังสมการที่ 1

$$CTDI_{vol} = \frac{weigthed\ CTDI}{pitch} \quad \text{โดยที่ } CTDI_w = \frac{1}{3} CTDI_{100,\,center} + \frac{2}{3} CTDI_{100,\,peripheral} \qquad (1)$$

และค่า DLP[1-2] หาได้จากผลคูณระหว่างค่า $CTDI_{vol}$ กับ scan length ดังสมการที่ 2

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

ถึงกระนั้นทั้งค่า $CTDI_{vol}$ และ DLP ก็ไม่ใช่ค่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับโดยตรง แต่เป็นค่าความสัมพันธ์ที่ใช้ในการหาค่าปริมาณรังสียังผล (effective dose: E) เป็นผลของรังสีที่อธิบายในรูปแบบโอกาสที่จะเกิดขึ้น แปรผันตามปริมาณรังสีที่ได้รับ เช่น โอกาสที่จะเกิดมะเร็งและการกลายพันธุ์ หรือความผิดปกติทางพันธุกรรม อย่างเช่น การตรวจ CT brain 1 ครั้ง โอกาสที่จะเกิดมะเร็ง 1 ใน 100,000 ถึง 1 ใน 100,000 คน[3] ค่าปริมาณรังสียังผล E[1-2] หาได้จากผลคูณของค่า DLP และ conversion factor (k) ของแต่ละอวัยวะ (region of body) ตามค่าอ้างอิง ดังสมการที่ 3โดยค่า k มีหน่วยเป็น mSv/mGy-cm

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

ปัจจุบันค่าปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$ และ DLP ถูกรายงานผ่านทางจอแสดงผลของเครื่อง CT เมื่อการตรวจเสร็จสิ้นแล้วและนำข้อมูลเข้าระบบ Picture Archiving and Communication System (PACS)

สถาบันประสาทวิทยายังไม่มีการเก็บข้อมูลและหาปริมาณรังสีผู้ป่วยที่แน่ชัด ในการตรวจ CT brain non contrast media (CT brain NC), CT brain with contrast media (CT brain CM), CT C-spine, CT L-spine, CT Angiogram (CTA) brain, and CTA carotid เนื่องจากเป็นการตรวจที่มีความถี่มากในการตรวจทางด้านระบบประสาท ดังนั้นเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการเปรียบเทียบกับค่า DRLs ที่เป็นมาตรฐาน กับประเทศอื่น ๆ จึงเป็นที่มาของการศึกษาครั้งนี้ โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและประเมินปริมาณรังสีประกอบไปด้วยค่า $CTDI_{vol}$, DLP และ E จากผู้ป่วยที่

ได้รับการตรวจด้วยเครื่อง CT ในผู้ใหญ่ เปรียบเทียบค่า DRLs ของประเทศและประเทศอื่น ๆ ทั้งนี้ใช้เป็นฐานข้อมูลในการตรวจสอบเฝ้าระวังและหาแนวทางในการใช้รังสีอย่างเหมาะสม โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของภาพทางรังสีวินิจฉัย เพื่อประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ป่วยที่มารับการตรวจ

วัสดุและวิธีการ

การศึกษานี้เป็นงานวิจัยศึกษาข้อมูล ชนิดย้อนหลัง (retrospective study) ของผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจด้วยเครื่อง CT ในผู้ใหญ่ (อายุ 18 ปีขึ้นไป) ในสถาบันประสาทวิทยา ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2562 ถึงมีนาคม พ.ศ. 2563 โดยใช้วิธีสุ่มตัวอย่าง จำนวน 213 คน (ชาย 100 และหญิง 113 คน) ซึ่งมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 45-75 กิโลกรัม ตามมาตรฐานขนาดประชากรไทย อ้างอิงจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข[4]แบ่งเป็น CT brain NC จำนวน 40 คน, CT brain CM จำนวน 40 คน, CT C-Spine จำนวน 30 คน, CT L-Spine จำนวน 38 คน, CT Angiogram (CTA) brain จำนวน 35 คน และ CTA carotid จำนวน 30 คน อ้างอิงกลุ่มตัวอย่าง (sample size) จาก Annals of ICRP ในปี 2016[1] ได้พูดถึง sample size การสำรวจข้อมูลผู้ป่วย เพื่อหาค่า DRLs ในผู้ใหญ่ โดยปกติแล้วทำการสำรวจข้อมูลผู้ป่วยอย่างน้อย 20 คนต่อส่วนตรวจ สำหรับการตรวจทางรังสีวินิจฉัย อย่างน้อย 30 คนต่อส่วนตรวจ สำหรับการตรวจ fluoroscopy และอย่างน้อย 50 คนต่อส่วนตรวจ สำหรับการตรวจ mammography เนื่องจากการตรวจ fluoroscopy และ mammography มีรูปแบบและผลลัพธ์ที่หลากหลาย ส่วนองค์กร IAEA[2] แนะนำอย่างน้อย 10 คนต่อส่วนตรวจ ในขณะที่ Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA)[5] แนะนำการสำรวจข้อมูลอย่างน้อย 10 คนต่อส่วนตรวจ สำหรับการตรวจ multi-detector CT (MDCT) ของ brain และ 20 คนต่อส่วนตรวจ สำหรับการตรวจของ body จากนั้นบันทึกค่าพารามิเตอร์ (parameter) ต่าง ๆ ที่เกี่ยวของกับการตรวจ ประกอบด้วย ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าหลอด X-ray (kVp), ค่ากระแสหลอดและเวลา (effective mAs) โดยจะใช้เทคนิคลดปริมาณรังสีเปลี่ยนแปลงตามความหนาขนาดอวัยวะของผู้ป่วยที่เรียกว่า CARE Dose4D, pitch และ scan length โดยเครื่อง CT บริษัท Siemens รุ่น Somatom Definition AS 64 Slices ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่า parameter ต่าง ๆ ที่เกี่ยวของกับการตรวจ

Region of body	kVp	Pitch	Effective mAs		ขอบเขต	Scan length (cm)		Phantom size (cm)
			Mean (SD)	Median		mean (SD)	median	
CT brain NC								
single phase	120	0.55	296.93 (23.89)	292.00	C2 (axis)-vertex	18.90 (0.81)	19.00	16
CT brain CM								
single phase	120	0.55	283.08 (19.12)	279.50	C2-vertex	18.72 (0.99)	18.50	16
multi-phase (NC+CM)	120	0.55	283.08 (19.12)	279.50	C2-vertex	18.72 (0.99)	18.50	16
CT C-spine								
single phase	120-140	0.8	226.93 (30.67)	215.00	supra sellar-T2	20.67 (2.57)	20.82	16
CT L-spine								
single phase	120	0.8	273.24 (91.90)	261.00	T12-S2	23.12 (3.72)	22.75	32
CTA brain								
single phase	100-120	1	136.06 (16.78)	150.00	Circle of Willis (COW)	14.80 (4.68)	12.00	16
multi-phase								
- NC+CM 2P	100-120	1	136.06 (16.78)	150.00	COW	14.80 (4.68)	12.00	16
- NC+CM 2P	100	1	116.80 (8.30)	114	C4-vertex	20.20 (1.91)	20.54	16

ตารางที่ 1 แสดงค่า parameter ต่าง ๆ ที่เกี่ยวของกับการตรวจ (ต่อ)

Region of body	kVp	Pitch	Effective mAs		ขอบเขต	Scan length (cm)		Phantom size (cm)
			Mean (SD)	Median		mean (SD)	median	
CTA carotid								
Single phase	100-120	1.4	114.70 (3.01)	114.50	Arch of aorta	35.11 (1.59)	34.67	16
Multi-phase					(AA)-vertex			
- NC+CM 2P	100-120	1.4	114.70 (3.01)	114.50	Arch of aorta	35.11 (1.59)	34.67	16
- NC+CM 3P	100-120	1.4	121.40 (7.51)	124.00	(AA)-vertex	20.29 (1.22)	20.13	16
					C4-vertex			

SD = Standard deviation, NC = non contrast media, CM = with contrast media, 2P = 2 phase, 3P = 3 phase

ค่าปริมาณรังสีที่ได้จากระบบ PACS ประกอบด้วยค่า $CTDI_{vol}$ และ DLP พร้อมทั้งหาค่า E โดยใช้ค่า conversion factor ดังตารางที่ 2 โดยที่ค่า conversion factor ของการตรวจ CT C-Spine และ CT L-Spine นั้น ใช้ค่าตำแหน่ง neck และ abdomen and pelvis ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงค่า conversion factor ของ region of body ต่างๆ[6]

region of body	Effective dose per DLP (mSv/mGy-cm)
	Adult
Head	0.0021
Head and Neck	0.0031
Neck	0.0059
Chest	0.014
Abdomen and Pelvis	0.015
Trunk	0.015

จากนั้นบันทึกและคำนวณหาค่าปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$, DLP และ E ในแต่ละส่วนตรวจในรูปแบบการตรวจแบบ single phase (SP) และ multi-phase (MP) แสดงค่า mean, standard deviation (SD), 50^{th} percentile (P50 หรือ median), 75^{th} percentile (P75) และ range เพื่อใช้เปรียบเทียบค่า DRLs กับประเทศอื่น ๆ ซึ่งการศึกษานี้จะใช้ค่า P50 ในการเปรียบเทียบเนื่องจากการศึกษานี้ได้ข้อมูลปริมาณรังสีจากเครื่องๆเดียว ข้อมูลที่ได้ไม่เพียงพอที่จะใช้ค่า P75 ในการเปรียบเทียบ เพราะจะทำให้ข้อมูลที่ได้มีปริมาณรังสีมากเกินความเป็นจริง ตามคำแนะนำ Annals of the ICRP[1] , IAEA[2] และ Vassileva[7] ได้กล่าวถึงแนวคิดและวิธีการกำหนดค่า DRLs ในการตรวจผู้ป่วยด้วยเครื่องมือรังสีวินิจฉัยชนิดต่าง ๆ จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีต่าง ๆ ด้วยสถิติ Wilcoxon signed ranks test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรม (program) ทางสถิติ SPSS (Statistics Package for Social Sciences)

ผลการศึกษา

จากการศึกษาค่าปริมาณรังสีของผู้ป่วย โดยใช้วิธีสุ่มตัวอย่างจำนวน 213 คน (CT brain NC, CT brain CM, CT C-spine, CT L-spine, CTA brain และ CTA carotid พบว่า ค่า mean, SD, P50, P75 และ range ของค่าปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$, DLP และ E ทั้ง 6 ส่วนตรวจประกอบด้วยการตรวจแบบ single phase และ multi-phase แสดงดังตารางที่ 3 และกราฟที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

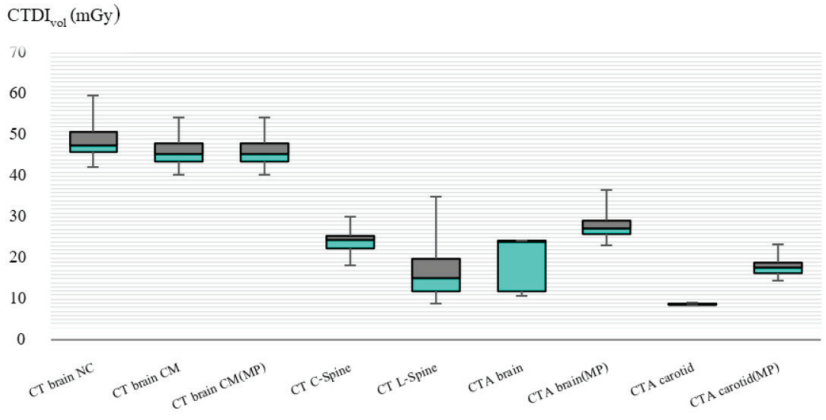
ตารางที่ 3 แสดงค่า $CTDI_{vol}$, DLP และ E

Region of body	$CTDI_{vol}$ (mGy)			DLP (mGy-cm)			E (mSv)		
	Mean (SD)	P50 (P75)	Range	Mean (SD)	P50 (P75)	Range	Mean (SD)	P50 (P75)	Range
CT brain NC single phase	48.27 (3.76)	47.52 (50.64)	42.20-59.61	1000.43 (91.99)	990 (1053.75)	838-1301	2.1 (0.91)	2.08 (2.21)	1.76-2.73
CT brain CM									
single phase	46.01 (3.29)	45.37 (47.98)	40.26-54.27	910.73 (78.03)	906.50 (966.50)	790-1104	1.91 (0.16)	1.90 (2.03)	1.66-2.32
multi-phase	46.01 (3.29)	45.37 (47.98)	40.26-54.27	1855.78 (154.41)	1848 (1968.25)	1615-2215	3.90 (0.32)	3.88 (4.13)	3.39-4.65
CT C-Spine single phase	24 (2.87)	24.53 (25.47)	18.22-29.99	539.73 (111.37)	560.50 (591)	335-858	3.18 (0.66)	3.31 (3.49)	1.98-5.06
CT L-Spine single phase	16.61 (6.53)	14.94 (19.62)	8.92-34.82	425.76 (192.02)	379 (528.50)	189-931	6.39 (2.88)	5.69 (7.93)	2.84-13.97
CTA brain									
single phase	19.70 (5.73)	24.14 (24.23)	10.72-24.27	307.54 (68.18)	279 (337)	209-468	0.65 (0.14)	0.59 (0.71)	0.44-0.98
multi-phase	27.85 (2.79)	27.40 (29.26)	23.26-36.71	1957.06 (309.38)	1956 (2229)	1375-2601	4.11 (0.65)	4.11 (4.68)	2.89-5.46
CTA carotid									
single phase	8.78 (0.23)	8.75 (8.96)	8.37-9.18	330.40 (22.04)	327 (345.25)	301-392	1.02 (0.07)	1.01 (1.07)	0.93-1.22
multi-phase	17.91 (2.19)	17.71 (18.88)	14.56-23.31	2169.67 (291.85)	2150.50 (2309.50)	1704-2985	6.73 (0.91)	6.67 (7.16)	5.28-9.25

$CTDI_{vol}$ = Volume Computed Tomography dose index, DLP = Dose Length Product, E = Effective dose
P50 = 50th percentile, P75 = 75th percentile

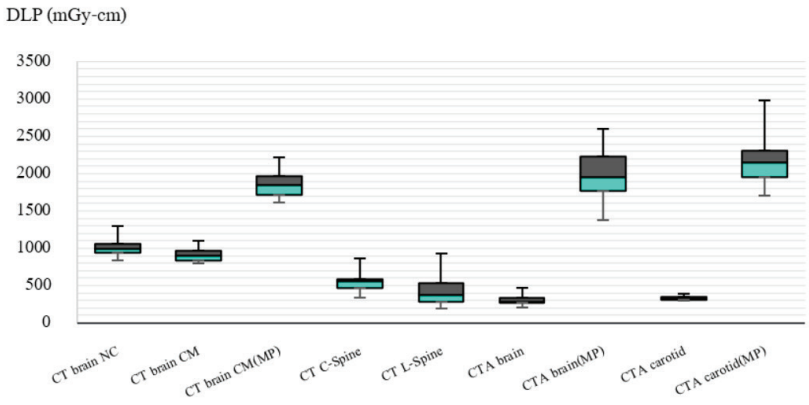
การตรวจแบบ single phase ค่า P50 สูงสุดเท่ากับ 47.52 mGy ของการตรวจ CT brain NC และค่าต่ำสุดเท่ากับ 8.75 mGy ของการตรวจ CTA carotid ค่าปริมาณรังสี DLP สูงสุดเท่ากับ 990 mGy-cm ของการตรวจ CT brain NC และค่าต่ำสุดเท่ากับ 279 mGy-cm ของการตรวจ CTA brain ค่าปริมาณรังสี E สูงสุดเท่ากับ 5.69 mSv ของการตรวจ CT L-spine และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.59 mSv ของการตรวจ CTA brain

การตรวจแบบ multi-phase ค่า P50 สูงสุดเท่ากับ 45.37 mGy ของการตรวจ CT brain CM และค่าต่ำสุดเท่ากับ 17.71 mGy ของการตรวจ CTA carotid ค่าปริมาณรังสี DLP สูงสุดเท่ากับ 2150.50 mGy-cm ของการตรวจ CTA carotid และค่าต่ำสุดเท่ากับ 1848 mGy-cm ของการตรวจ CT brain CM ค่าปริมาณรังสี E สูงสุดเท่ากับ 6.67 mSv ของการตรวจ CTA carotid และค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.88 mSv ของการตรวจ CT brain CM



กราฟที่ 1
แสดง Box plots ค่าปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$

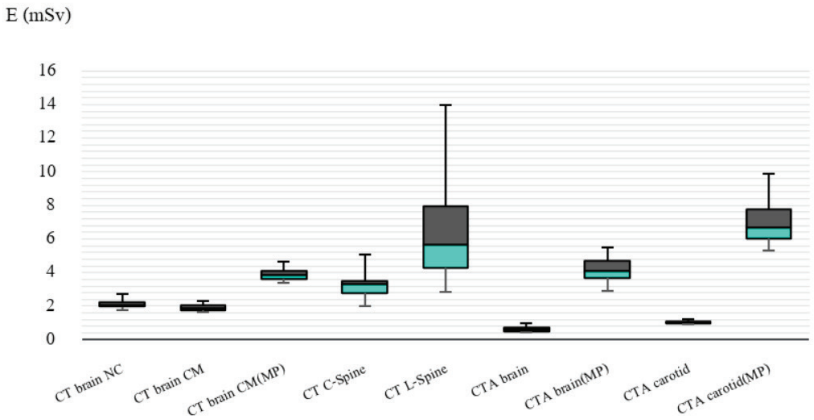
เส้นขอบบน Box เท่ากับ P75
เส้นขีดบน เท่ากับค่าสูงสุด
เส้นขอบล่าง Box เท่ากับ P25
เส้นขีดล่าง เท่ากับค่าต่ำสุด
เส้นภายใน Box เท่ากับ P50
*MP คือ การตรวจแบบ multi-phase
*P25 = 25th percentile



กราฟที่ 2

แสดง Box plots ค่าปริมาณรังสี DLP

เส้นขอบบน Box เท่ากับ P75
เส้นขีดบน เท่ากับค่าสูงสุด
เส้นขอบล่าง Box เท่ากับ P25
เส้นขีดล่าง เท่ากับค่าต่ำสุด
เส้นภายใน Box เท่ากับ P50
*MP คือ การตรวจแบบ multi-phase
*P25 = 25th percentile



กราฟที่ 3

แสดง Box plots ค่าปริมาณรังสี E

เส้นขอบบน Box เท่ากับ P75
เส้นขีดบน เท่ากับค่าสูงสุด
เส้นขอบล่าง Box เท่ากับ P25
เส้นขีดล่าง เท่ากับค่าต่ำสุด
เส้นภายใน Box เท่ากับ P50
*MP คือ การตรวจแบบ multi-phase
*P25 = 25th percentile

เมื่อนำค่าปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$ และ DLP ไปเปรียบเทียบค่า DRLs กับประเทศอื่นๆ ประกอบด้วย Thailand (National DRLs; NDRLs)[4], Korean[8], Switzerland[9], Germany[10], Australian[11], Netherlands[12], United Kingdom (UK)[13], United States (US)[14] and European Commission (EC)[15] โดยการศึกษานี้จะใช้ค่า P50 ในการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ ดังตารางที่ 4 ด้วยสถิติ Wilcoxon signed ranks test ซึ่งเป็นสถิติแบบ non-parametric test เนื่องจากค่าปริมาณรังสีมีการแจกแจงข้อมูลไม่ปกติ (skewness and kurtosis test) ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 โดยใช้โปรแกรม SPSS พบว่า

ตารางที่ 4 แสดงเปรียบเทียบค่า $CTDI_{vol}$ (mGy) และ DLP (mGy-cm) กับค่า DRLs ประเทศอื่นๆ

Region of body	This study P50		DRLs																	
			Thailand[4]		Korean[8]		Switzerland[9]		Germany[10]		Australian[11]		Netherland[12]		UK[13]		US[14]		EC[15]	
	$CTDI_{vol}$	DLP	$CTDI_{vol}$	DLP	$CTDI_{vol}$	DLP	$CTDI_{vol}$	DLP	$CTDI_{vol}$	DLP	$CTDI_{vol}$	DLP	$CTDI_{vol}$	DLP	$CTDI_{vol}$	DLP	$CTDI_{vol}$	DLP	$CTDI_{vol}$	DLP
CT brain NC																				
single phase	**47.52**	**990**	61.60	1028	63.70	1119.40	65	1000	60	850	52	880	-	918.6	60	970	56	962	60	1000
CT brain CM																				
single phase	**45.37**	**906.50**	52.30	935.40																
multi-phase	**45.37**	**1848**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CT C-spine																				
single phase	24.53	**560.50**	-	-	17.89	434.04	30	600	23	300	23	470	-	320.90	21	440	19	563	-	400-600
CT L-spine																				
single phase	**14.94**	**379**	-	-	17.92	601.49	30	850	23	355	26	670	-	405.50	-	-	-	-	35	500
CTA brain																				
single phase	**24.14**	**279**			21	636.27	65	1000												
multi-phase	**27.40**	**1956**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CTA carotid																				
single phase	8.75	327					20	500	18	610										
multi-phase	17.71	2150.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

DRLs = Diagnostic Reference Levels, UK = United Kingdom, US = United States, EC = European Commission

ค่าปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$ การตรวจ CT brain NC ของการศึกษานี้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p = 0.000) โดยมีค่าปริมาณรังสีต่ำกว่า Thailand (NDRLs), Korean, Switzerland, Germany, Australian, UK, US และ EC ตามลำดับ ส่วนค่าปริมาณรังสี DLP มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p = 0.000) โดยมีค่าปริมาณรังสีต่ำกว่า Korean และมากกว่า Germany, Australian และ Netherlands ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p = 0.017 และ 0.024) โดยมีค่าปริมาณรังสีต่ำกว่า Thailand และสูงกว่า US ตามลำดับ ในขณะที่ Switzerland, UK และ EC ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05)

ค่าปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$ การตรวจ CT brain CM ของการศึกษานี้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p = 0.000) ส่วนค่าปริมาณรังสี DLP มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p = 0.035) โดยมีค่าปริมาณรังสีต่ำกว่า Thailand (NDRLs)

ค่าปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$ การตรวจ CT C-Spine ของการศึกษานี้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p = 0.000)โดยมีค่าปริมาณรังสีต่ำกว่า Switzerland และสูงกว่า Korean, UK และ US ตามลำดับ ในขณะที่ Australian และ Germany ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าปริมาณรังสี DLP มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p = 0.000) โดยมีค่าปริมาณรังสีสูงกว่า Korean, Germany, Netherlands และ UK และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p = 0.004 และ 0.003) โดยมีค่าปริมาณรังสีสูงกว่า Australian และต่ำกว่า Switzerland ตามลำดับ ในขณะที่ US ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05)

ค่าปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$ การตรวจ CT L-spine ของการศึกษานี้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p = 0.000) โดยมีค่าปริมาณรังสีสูงกว่า Germany และต่ำกว่า Switzerland, Australian และ EC ตามลำดับ ในขณะที่ Korean ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05) ส่วนค่าปริมาณรังสี DLP มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p = 0.000) โดยมีค่าปริมาณรังสีต่ำกว่า Korean, Switzerland และ Australian และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p = 0.013) โดยมีค่าปริมาณรังสีต่ำกว่า EC ตามลำดับ ในขณะที่ Germany และ Netherlands ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(p > 0.05)

ค่าปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$ การตรวจ CTA brain ของการศึกษานี้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p = 0.000) โดยมีค่าปริมาณรังสีต่ำกว่า Switzerland ในขณะที่ Korean ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05) ส่วนค่าปริมาณรังสี DLP มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p = 0.000) โดยมีค่าปริมาณรังสีต่ำกว่า Korean และ Switzerland ตามลำดับ

ค่าปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$ การตรวจ CTA carotid ของการศึกษานี้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p = 0.000) โดยมีค่าปริมาณรังสีต่ำกว่า Switzerland และ Germany ตามลำดับ ส่วนค่าปริมาณรังสี DLP มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (p = 0.000) โดยมีค่าปริมาณรังสีต่ำกว่า Switzerland และ Germany ตามลำดับ

วิจารณ์

การลดปริมาณรังสีให้ผู้ป่วยนั้น จำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยน parameter ต่าง ๆ ในการตรวจ ดังนั้นแล้วต้องทราบถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการปรับเปลี่ยน เช่น ค่า kVp และ mAs ซึ่งการตั้งค่าเหล่านี้สูง ปริมาณรังสีก็จะสูงตามไปด้วย แต่ปัจจุบันนี้ เครื่อง CT มี program ช่วยในการลดปริมาณรังสี อย่างการศึกษานี้ใช้ program ลดค่า mAs ที่เรียกว่า CARE Dose4D เป็นต้น ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ค่า pitch คือค่าการซ้อนทับของสไลซ์ หากมีค่า pitch น้อยกว่า 1 ใช้กรณีที่ต้องการความละเอียดของรอยโรค ทำให้เห็นรอยโรคได้ชัดเจนขึ้น ในทางกลับกันทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีสูงขึ้น ค่า pitch มากกว่า 1 ทำให้ระยะระหว่างสไลซ์มากขึ้น ดังนั้นมีผลทำให้ความละเอียดลดลงและผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีต่ำ ส่วนค่า scan length นั้น ความยาวในการ scan ที่ยาว ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับก็จะสูงตามไปด้วย

จากผลการศึกษาพบว่า การตรวจ CT brain NC ค่าปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$ ของการศึกษานี้ต่ำกว่า ค่า DRLs กับประเทศอื่น ๆ และค่าปริมาณรังสี DLP ของการศึกษานี้ต่ำกว่าค่า DRLs ของ Thailand ซึ่งเป็นค่า NDRLs และ Korean และสูงกว่า ค่า DRLs ของ Germany, Australian, Netherland และ US ส่วน Switzerland, UK และ EC มีค่าปริมาณรังสีที่ใกล้เคียงกันหรือไม่แตกต่างกัน การตรวจ CT brain CM ค่าปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$ และ DLP ของการศึกษานี้ต่ำกว่า ค่า DRLs ของ Thailand (NDRLs) การตรวจ CT C-spine ค่าปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$ ของการศึกษานี้ต่ำกว่า ค่า DRLs ของ Switzerland และสูงกว่าค่า DRLs ของ Korean, UK และ US ในขณะที่ ค่า DRLs ของ Australian และ Germany ไม่แตกต่างกัน ส่วนค่าปริมาณรังสี DLP ของการศึกษานี้ต่ำกว่าค่า DRLs ของ Switzerland และสูงกว่า ค่า DRLs ของ Korean, Germany, Australian, Netherland และ UK ในขณะที่ ค่า DRLs ของ US ไม่แตกต่างกัน สำหรับการตรวจ CT L-spine, CTA brain และ CTA carotid แบบ single phase ของการศึกษานี้มีค่าปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$ และ DLP ต่ำกว่าและใกล้เคียงกับค่า DRLs กับประเทศอื่น ๆ

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาจะเห็นได้ชัดว่า การตรวจ CT brain NC ของการศึกษานี้ ถึงแม้ว่าจะมีค่าปริมาณรังสีที่ต่ำกว่า ค่า NDRLs แต่เมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ ก็ยังมีค่าปริมาณรังสีสูง รวมทั้งการตรวจ CT C-spine โดยเฉพาะค่า DLP ซึ่งค่า DLP นั้นเป็นค่าปริมาณรังสีที่แปรผันโดยตรงกับค่า $CTDI_{vol}$ และ scan length ดังสมการที่ 2 ในขณะที่ผลการศึกษาค่าปริมาณรังสี $CTDI_{vol}$ ส่วน

มากมีค่าต่ำกว่าค่า DRLs กับประเทศอื่น ๆ ดังนั้นค่า scan length จึงเป็นตัวแปรสำคัญของการศึกษานี้ เช่น มาตรฐานการตรวจ CT brain NC ขอบเขตการตรวจตั้งแต่ base of the skull จนถึง vertex และการตรวจ CT C-spine ขอบเขตการตรวจตั้งแต่ C1-C7 ค่า median ของ scan length เท่ากับ 12 cm และ 10 cm ตามลำดับ[10] ในขณะที่การศึกษานี้การตรวจ CT brain NC ขอบเขตการตรวจตั้งแต่ C2 จนถึง vertex และการตรวจ CT C-spine ขอบเขตการตรวจตั้งแต่ supra sellar จนถึง T2 ค่า median ของ scan length เท่ากับ 19 cm และ 20.82 cm ตามลำดับ ยิ่งชี้ให้เห็นว่าการศึกษานี้มี scan length ที่ยาว จึงมีผลทำให้ค่าปริมาณรังสีสูงขึ้น โดยเฉพาะค่า DLP ซึ่งส่งผลต่อการคำนวณหาค่าปริมาณรังสี E ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน ดังสมการที่ 3

ดังนั้นแล้วการมีการจัดเก็บข้อมูลและหาปริมาณรังสีผู้ป่วยเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการเปรียบเทียบกับค่า DRLs กับประเทศหรือประเทศอื่น ๆ ช่วยให้เราสามารถทราบได้ว่าเทคนิคหรือ protocol ที่ใช้ตรวจผู้ป่วยให้ค่าปริมาณรังสีสูงหรือต่ำกว่า เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการตรวจสอบ เฝ้าระวังและหาแนวทางในการแก้ไขในการลดปริมาณรังสีในกรณีปริมาณรังสีมีค่าสูง เห็นได้ชัดว่าการศึกษานี้พบค่าปริมาณรังสีสูง โดยสาเหตุเกิดจากการใช้ scan length ที่ยาว

สรุป

DRLs ของ $CTDI_{vol}$ ของการศึกษานี้ส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าประเทศอื่น ๆ แต่ค่า DRLs ของ DLP นั้น ในบางการตรวจมีค่าสูงกว่าเกิดจาก scan length ดังนั้นการศึกษานี้ช่วยให้ทราบถึงสาเหตุและเป็นแนวทางการแก้ไขในการลดปริมาณรังสี ภายใต้ optimization การถ่ายภาพทางรังสีวินิจฉัย เพื่อประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ป่วย พร้อมทั้งเป็นฐานข้อมูลปริมาณรังสีของสถาบันประสาทวิทยาต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้นำไปใช้ในการปรับปรุง แก้ไขและพัฒนา protocol ในการตรวจ กรณีปริมาณรังสีสูง เพื่อลดปริมาณรังสีแก่ผู้ป่วยในสถาบันประสาทวิทยาต่อไป

การใช้ dose monitoring software ช่วยในการเก็บข้อมูล ซึ่งสะดวก รวดเร็วและลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล รวมทั้งเก็บและแสดงข้อมูลได้จำนวนมาก ทำให้ได้ข้อมูลปริมาณรังสีที่ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งต่างจากการศึกษานี้ที่เก็บข้อมูลแบบจดบันทึกจากระบบ PACS

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มงานรังสีวิทยาในการเก็บข้อมูลปริมาณรังสีจากระบบ PACS และศูนย์วิจัยสถาบันประสาทวิทยาที่ให้คำปรึกษาสถิติที่ใช้ในงานวิจัยนี้

References

1. Vañó E, Miller DL, Martin CJ, Rehani MM, Kang K, Rosenstein M, et al. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. C.H CLEMENT, editor. Ann ICRP. 2017; 46:1-144.
2. Diagnostic Reference Levels (DRLs) in medical imaging. IAEA. [Internet].2018. [cited 2018 Mar 21]. Available from: URL; http//www.iaea.org/rpop/diagn/eid.htm.
3. Radiation and your Patient: A guide for medical practitioners – ICRP. [Internet]. [Cited 2013]. Available from: URL; http//www.icrp.org/docs/Rad_for_GP_for_web.pdf.
4. Department of Medical Sciences. Ministry of Public Health. Diagnostic reference levels in Computed Tomography. [Internet].2019. [Cited 2019 Mar 14]. Available from: URL; http//www.dmsc.moph.go.th/eid.htm.
5. MDCT DRLs in more detail. [Internet]. [Cited 2017]. Available from: URL; http//www.arpansa.gov.au/eid.htm.
6. Shrimpton PC, Hillier MC, Lewis MA, Dunn M. National survey of doses from CT in the UK: 2003. Br J Radiol. 2006; 79: 968-980.
7. Vassileva. Diagnostic Reference Levels (DRLs): The concept and use. SlideShare. [Internet].2019. [Cited 2016 Oct 17]. Available from: URL; http//www.Slideshare.net/medinao/eid.htm.
8. S.-W. Yoon, J. Kim, S.-K. Lee. Second Korean National CT Diagnostic reference levels in 14 CT Protocols. ESR: ECR 2018; C-2497.
9. Treier R, Aroua A, Verdun FR, Samara E, Stuessi A, Trueb PR. Patient doses in CT examinations in Switzerland: implementation of national diagnostic reference levels. Radiat Prot Dosimetry. 2010; 142: 244-54.
10. Schegerer A, Loose R, Heuser LJ, Brix G. Diagnostic Reference Levels for Diagnostic and Interventional X-Ray Procedures in Germany: Update and Handling. Rofo. 2019; 191: 739-751.
11. Lee KL, Beveridge T, Sanagou M, Thomas P. Updated Australian diagnostic reference levels for adult CT. J Med Radiat Sci. 2020; 67 :5-15.
12. van der Molen AJ, Schilham A, Stoop P, Prokop M, Geleijns J. A national survey on radiation dose in CT in The Netherlands. Insights Imaging. 2013; 4: 383-90.
13. Public Health England. National Diagnostic Reference Levels (NDRLs) from 19 August 2019. National DRLs for Computed Tomography (CT). [Internet]. 2019. [Cited 2019 Aug 19]. Available from: URL; http//www.gov.uk.
14. Kanal KM, Butler PF, Sengupta D, Bhargavan-Chatfield M, Coombs LP, Morin RL. U.S. Diagnostic Reference Levels and Achievable Doses for 10 Adult CT Examinations. Radiology. 2017; 284:120-133.
15. European Commission. Radiation 2014. Diagnostic Reference Levels in Thirty-six European Countries. [Internet]. 2014. Available from: URL; http//www.europa.eu