

บทความวิจัย

การประเมินปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยเด็กได้รับในการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมอง

Assessment of Patient Dose Undergoing CT-Brain Examination

| | |
|--------------------|------------------|
| ณัฐศักดิ์ สุชัยยะ | วท.บ.รังสีเทคนิค |
| รพีพร สุขธงไชยกุล | วท.บ.รังสีเทคนิค |
| ศุภรัตน์ นาคไร่จิง | วท.บ.รังสีเทคนิค |

Received November 13, 2020; Revised December 18, 2020; Accepted January 15, 2021

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: 1) เพื่อประเมินปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยเด็กได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมอง ณ โรงพยาบาลศิริราช
2) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยเด็กได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองกับระดับรังสีอ้างอิงตามคำแนะนำของหน่วยงานสากล

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง: เก็บข้อมูลชนิดย้อนหลังตั้งแต่ปี 2555-2560 จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ยี่ห้อ GE จำนวน 3 รุ่น ได้แก่ Lightspeed VCT 64 slices, Discovery 750 HD 64 slices และ Revolution REV 256 slices ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปริมาณรังสีได้แก่ ค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาตร (CTDIvol), ค่าผลคูณปริมาณรังสีกับความยาวสแกน (DLP) และความหนาส่วนศีรษะจากผู้ป่วยจำนวน 783 คนตามช่วงอายุ (อายุน้อยกว่า 1 ปี, 1-5, 5-10, 10-15) และประเภทการสแกน (แบบตัดขวางและแบบเกลียว) จากนั้นนำมาคำนวณค่าปริมาณรังสียังผล (Deff)

ผลการวิจัย: เมื่อนำค่า CTDIvol, DLP และ Deff ที่ตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 มาประเมินปริมาณรังสี ค่า CTDIvol, ค่า DLP และ ค่า Deff มีค่าต่ำกว่าระดับรังสีอ้างอิงตามคำแนะนำของหน่วยงานสากล

สรุป: ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยเด็กได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองตามโปรโตคอลการตรวจของโรงพยาบาลศิริราชมีค่าต่ำกว่าระดับรังสีอ้างอิงตามคำแนะนำของหน่วยงานสากล

คำสำคัญ: ค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาตร, ค่าผลคูณปริมาณรังสีกับความยาวสแกน, ค่าปริมาณรังสียังผล, ค่าปริมาณรังสีจำเพาะขนาด, ระดับรังสีอ้างอิง

Abstract

Objective: 1) to assess patient dose undergoing CT-head examination at Siriraj hospital.

2) to compare patient dose with the diagnostic reference levels (DRLs) recommended by international organization.

Material and Method: The retrospective 783 pediatric CT Brain data from 2012 to 2017, which performing with GE computed tomography 3 models; Lightspeed VCT 64 slices, Discovery 750 HD 64 slices and Revolution REV 256 slices were collected. The collected data of volume computed tomography dose index (CTDIvol), Dose Length Product (DLP) and head thickness were obtained from seven-hundred eighty-three patients with different ages (<1, 1-5, 5-10, 10-15) and scanning mode (axial and helical). The effective dose (Deff) were also estimated and served as collective dose estimation data.

Results: The CTDIvol, DLP, and Deff at 75th percentiles were shown that CTDIvol, DLP and Deff were lower than DRLs

Conclusion: Patient doses undergoing CT-Brain examination was performed by Siriraj hospital protocols are lower than DRLs recommendation.

Keywords: volume computed tomography dose index, dose length product, effective dose, size-specific dose estimate, dose reference level

บทนำ

การส่งตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เป็นการส่งตรวจวินิจฉัยทางรังสีที่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีความถูกต้องแม่นยำในระดับสูง และมีความสะดวกในการตรวจและการตรวจเป็นไปอย่างรวดเร็วใช้เวลาในการตรวจไม่นาน อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดที่เกิดขึ้นเพื่อคุณภาพการบริการในเชิงเทคนิคนั้นได้มุ่งมาที่ประเด็นของปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ แม้ว่าเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จะได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่องแต่ปริมาณรังสีก็ยังคงมีปริมาณมาก แม้จะเป็นที่ยอมรับได้เนื่องจากเป็นปริมาณรังสีจากการตรวจรักษาทางการแพทย์ กระนั้น ในแง่ของรังสีเทคนิคก็ต้องเฝ้าระวังด้านการกำหนดเทคนิคการให้ปริมาณรังสีแก่ผู้ป่วยที่ไม่ควรเกินระดับรังสีอ้างอิงทางวินิจฉัย (Diagnostic Reference Levels; DRLs) ตามคำแนะนำของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency; IAEA)

สาขาวิชารังสีวินิจฉัย ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาลเองก็ได้ให้บริการการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์มาอย่างต่อเนื่องกว่า 30 ปี และได้ติดตั้งเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ทันสมัยเพื่อบริการผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง และให้ความสำคัญต่อนโยบายด้านการป้องกันอันตรายจากรังสี จึงมีความใส่ใจในการเฝ้าระวังการกำหนดเทคนิคการให้ปริมาณรังสีแก่ผู้ป่วยไม่ให้เกินค่า DRLs ที่ แต่ทว่ายังไม่มีข้อมูลเชิงประจักษ์ด้านการประเมินปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่อง โดยเฉพาะในผู้ป่วยเด็ก การวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาค่า DRLs ในการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่องในผู้ป่วยเด็กเป็นสำคัญ

ตัวชี้วัดปริมาณรังสี

ตัวชี้วัดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่สนใจในการวิจัยนี้ได้แก่

1. ค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาตร (Volumetric Computed Tomography Dose Index; CTDIvol) คือ ปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วยต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร มีหน่วยเป็น มิลลิเกรย์ (mGy) เป็นผลรวมของปริมาณรังสีดูดกลืนในแต่ละสไลด์
2. ค่าผลคูณปริมาณรังสีกับความยาวสแกน (Dose Length Product; DLP) คือ ปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อผู้ป่วยตลอดช่วงความยาวสแกน
3. ค่าปริมาณรังสียังผล (Effective dose; Deff) คือ ผลรวมปริมาณรังสีที่อวัยวะไวต่อรังสีสามารถดูดกลืนพลังงานรังสีไว้ได้

จากแหล่งอ้างอิง 10 แหล่ง ได้แสดงระดับรังสีอ้างอิงในระดับประเทศ ดังตาราง 1 และ 2

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยเด็กได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ส่อง
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยเด็กได้รับกับระดับรังสีอ้างอิง

ระเบียบวิธีวิจัย

วัสดุอุปกรณ์

เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ยี่ห้อ GE จำนวน 3

รุ่น

- รุ่น Lightspeed VCT 64 Slices จำนวน 1 เครื่อง
- รุ่น Discovery 750 HD จำนวน 2 เครื่อง

- รุ่น Revolution REV 256 slices จำนวน 1 เครื่อง

ตาราง 1 ระดับ CTDI_{vol} (mGy) และ DLP (mGy·cm)

| ช่วงอายุ (ปี) | ระดับรังสีอ้างอิง | Japan | | UK | Germany | Turkey |
|---------------|---------------------|-------|---------|-----|---------|--------|
| | | Axial | Helical | | | |
| <1 | CTDI _{vol} | 40 | 38 | 33 | 30 | 31 |
| | DLP | 427 | 590 | 390 | 270 | 288 |
| 1- <5 | CTDI _{vol} | 68 | 64 | 40 | 45 | 33.4 |
| | DLP | 765 | 1002 | 520 | 470 | 368 |
| 5- <10 | CTDI _{vol} | 68 | 64 | 50 | 50 | 40.3 |
| | DLP | 765 | 1002 | 710 | 620 | 467 |
| 10- <15 | CTDI _{vol} | 68 | 64 | 60 | 65 | 51.3 |
| | DLP | 765 | 1002 | 920 | 930 | 625 |

ตาราง 2 ระดับ Deff

| ช่วงอายุ (ปี) | D _{eff} (mSv) | | |
|---------------|------------------------|--------|---------|
| | Japan | Turkey | Germany |
| < 1 | 4.5 | 1.9 | 3.6 |
| 1 -< 5 | 7.5 | 1.5 | 2.4 |
| 5 -< 10 | 7.5 | 1.5 | 2 |
| 10 -< 15 | 7.5 | 1.3 | 1.4 |

วิธีการทดลอง

1. รวบรวมข้อมูลย้อนหลังในผู้ป่วยเด็กที่มารับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมอง โดยนำข้อมูลจากหน้ารายงานปริมาณรังสี (dose report) ดัง

แสดงในรูปที่ 1 ระหว่าง พ.ศ. 2555-60 จำนวน 783 ราย โดยเก็บตามช่วงอายุทั้งหมด 5 ช่วงอายุ ได้แก่ อายุ <1 ปี , อายุ 1- <5 ปี, อายุ 5- <10 ปี), อายุ 10- <15 ปี)

2. จำแนกเทคนิคการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองเป็น 2 เทคนิค ได้แก่ Axial mode และ Helical mode
3. ข้อมูลที่ใช้ ได้แก่ ความต่างศักย์หลอดสูงสุด (kVp), ผลคูณกระแสหลอดกับเวลา (mAS), ระยะเวลาสแกน (Scan range), ค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาตร (Volumetric Computed Tomography Dose Index; CTDI_{vol}), ค่าผลคูณปริมาณรังสีกับระยะเวลาสแกน (Dose Length Product; DLP) โดยนำค่า DLP มาคำนวณปริมาณรังสียังผล (Effective Dose; Deff) โดยใช้ค่าแก้ปัจจัยเท่ากับ 0.0015 มาคูณกับค่า DLP
4. นำค่า CTDI_{vol}, DLP และ Deff จากข้อ 3 และ SSDE จากข้อ 4 ไปหาค่าตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับระดับรังสีอ้างอิงทางรังสีวินิจฉัย (Diagnostic Reference Level; DRL) ของหน่วยงานสากลและงานวิจัยอ้างอิง

| Dose Report | | | | | |
|-----------------|---------|-------------------|---------------------------|--------------|------------|
| Series | Type | Scan Range (mm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy·cm) | Phantom cm |
| 1 | Scout | - | - | - | - |
| 2 | Helical | S52.250-S210.375 | 38.12 | 683.81 | Head 16 |
| 200 | Axial | I100.000-I100.000 | 15.75 | 7.87 | Head 16 |
| 4 | Helical | I114.500-S189.700 | 22.39 | 785.37 | Head 16 |
| Total Exam DLP: | | | | 1477.06 | |

รูปที่ 1 หน้ารายงานปริมาณรังสีการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

ผลการวิจัย

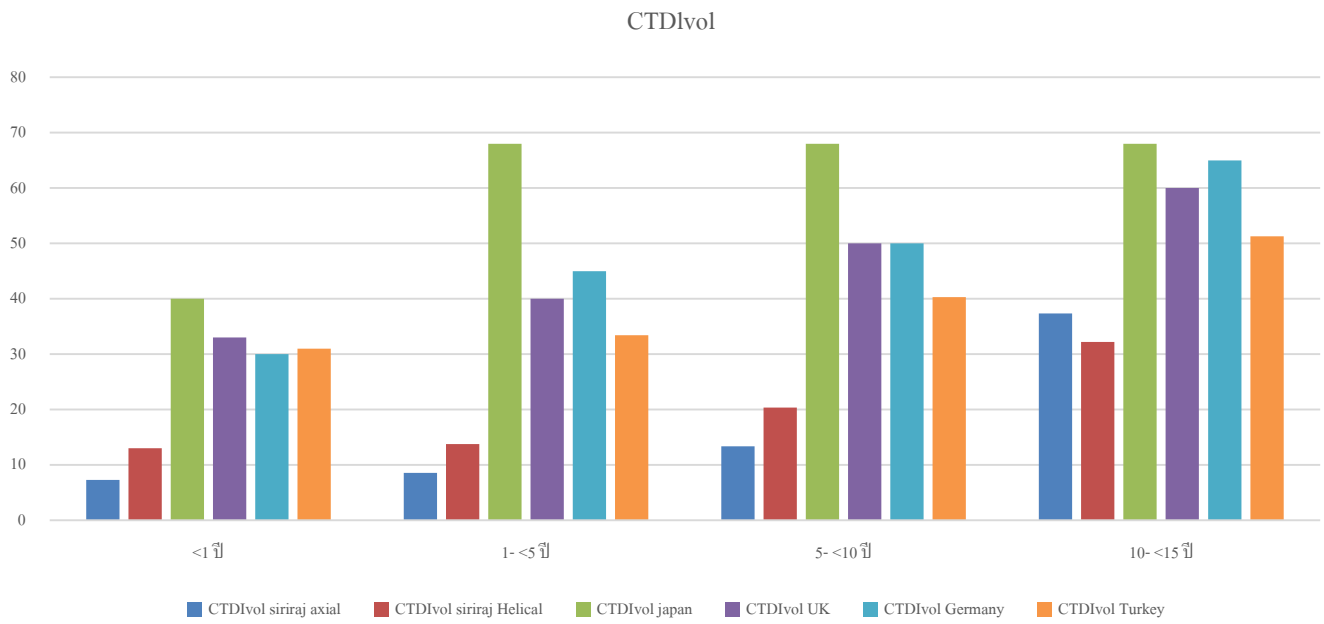
การศึกษาครั้งนี้ได้ประเมินปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยเด็กได้รับจากการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ สมองตรงตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 ในด้านค่าดัชนีรังสีซีทีเชิงปริมาตร (CTDI_{vol}), ผลคูณปริมาณรังสีกับความยาวสแกน (DLP) และปริมาณรังสียังผล (Deff) ทั้งใน Axial mode และ Helical mode พบว่า การสแกนใน Helical mode จะให้ปริมาณรังสีกับผู้ป่วยสูงกว่าการสแกน Axial mode ในทุกระดับอายุของผู้ป่วยเด็ก ดังแสดงในตาราง 1

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า CTDI_{vol}, DLP และ Deff ตรงตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 กับระดับรังสีอ้างอิงทางรังสีวินิจฉัย (DRL) ที่แนะนำโดยงานวิจัยอื่น ๆ จำนวน 3 แหล่งข้อมูล พบว่าผู้ป่วยเด็กในทุกช่วงอายุได้รับปริมาณรังสีจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองทั้ง Axial mode และ Helical mode ที่โรงพยาบาลศิริราชต่ำกว่าระดับรังสีอ้างอิงที่แนะนำทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

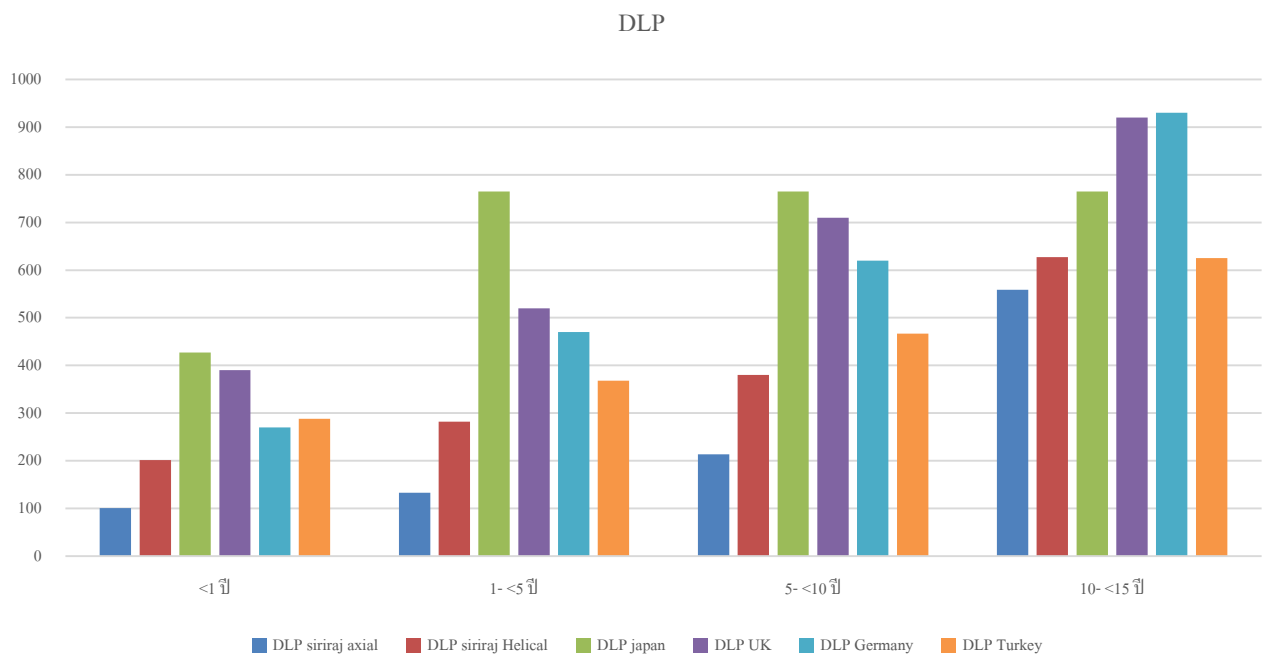
การเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ

ตาราง 1 ค่าปริมาณรังสีที่ตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75

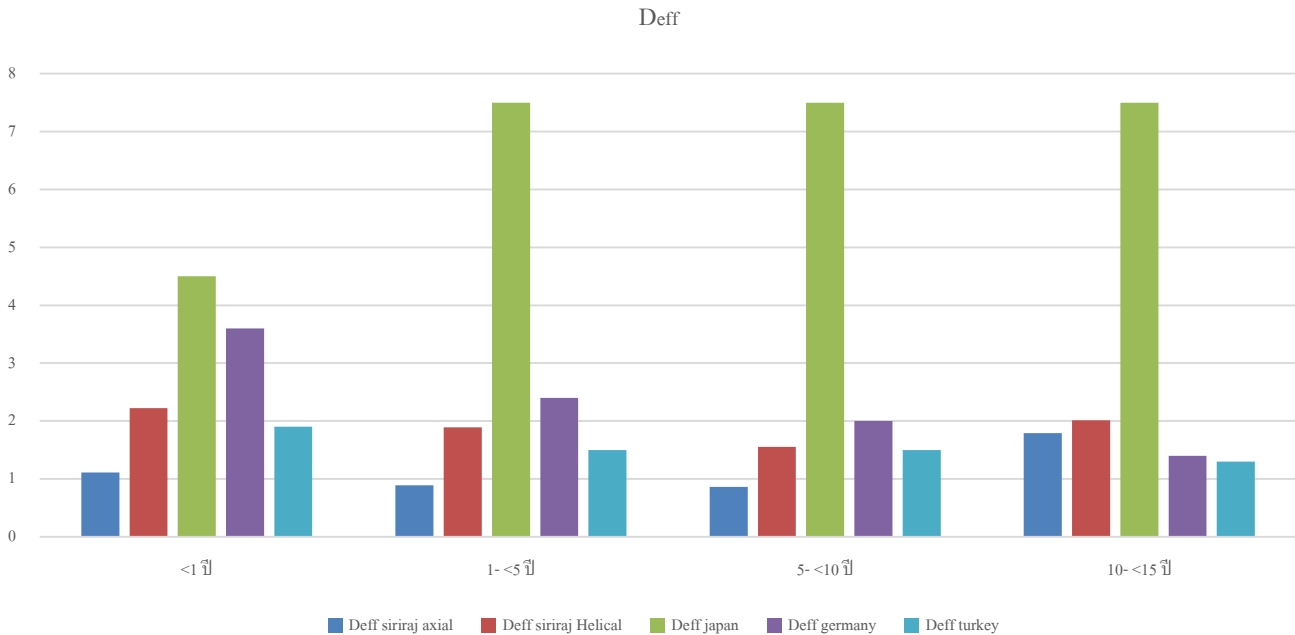
| ช่วงอายุ | CTDI _{vol} | DLP | Deff |
|--------------|---------------------|--------|------|
| Axial Mode | | | |
| <1 ปี | 7.27 | 101.15 | 1.11 |
| 1- <5 ปี | 8.57 | 133.38 | 0.89 |
| 5- <10 ปี | 13.34 | 213.49 | 0.86 |
| 10- <15 ปี | 37.38 | 558.97 | 1.79 |
| Helical Mode | | | |
| <1 ปี | 13.00 | 201.50 | 2.22 |
| 1- <5 ปี | 13.75 | 281.86 | 1.89 |
| 5- <10 ปี | 20.37 | 379.87 | 1.55 |
| 10- <15 ปี | 32.23 | 627.19 | 2.01 |



รูป 2 การเปรียบเทียบค่า CTDIvol ในการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองผู้ป่วยเด็ก



รูป 3 การเปรียบเทียบค่า DLP ในการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองผู้ป่วยเด็ก



รูป 4 การเปรียบเทียบค่า Deff ในการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองผู้ป่วยเด็ก

สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการประเมินปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยเด็กได้รับจากการตรวจศีรษะด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ณ โรงพยาบาลศิริราช ในทุกช่วงอายุ พบว่าค่า CTDIvol และ DLP ต่ำกว่าระดับรังสีอ้างอิง (ตาราง 2) ที่แนะนำไว้ โดยมีค่า Deff อยู่ในช่วงที่กำหนดของ NCRP no.160 และต่ำกว่าค่าปริมาณรังสีจากประเทศต่างๆ ที่ได้ทำการศึกษาไว้ก่อนหน้านี้ การที่ค่าปริมาณรังสีต่ำกว่า อาจเป็นเพราะว่า การกำหนดปริมาณรังสีด้วยค่าพารามิเตอร์ตามโปรโตคอลของโรงพยาบาลศิริราช (พ.ศ.2555-60) มีการพัฒนามากกว่าช่วงที่งานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ทำไว้ แม้จะมีงานวิจัยในช่วงปี พ.ศ.2558-2560 ก็ยังเป็นการรวบรวมข้อมูลภายหลัง ดังนั้น จึงทำให้พบว่าผลปริมาณรังสีที่ได้ต่ำกว่าคู่เทียบอื่นๆ

ตาราง 2 ระดับรังสีอ้างอิงในการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมอง

| ปริมาณรังสี | EUR16262 | AAPM no. 96 | Mettler 2008 | NCRP no. 160 |
|---------------------------------|----------|-------------|--------------|--------------|
| CTDIw (mGy) | < 60 | - | - | - |
| DLP (mGy.cm) | < 1050 | - | - | - |
| Effective dose (per scan) (mSv) | - | 1-2 | 2 | 0.9 – 4 |

ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบผลการวิจัยกับค่า CTDIvol, DLP และ Deff ในการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองในผู้ป่วย ซึ่งจะมีค่า 39.9 mGy, 689.86 mGy-cm และ 1.8 mSv (วัฒนา วงษ์สานนท์, 2563) และค่า DLP ในผู้ใหญ่ซึ่งมีค่า 636.07 mGy-cm

(ภรภัทร อินพรม, 2563) จะเห็นได้ว่า ปริมาณรังสีของผู้ป่วยเด็กที่มีอายุระหว่าง 10-15 ปี ในการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองที่ได้จากการวิจัยนี้จะมีค่าใกล้เคียงกัน (axial = 558.97, Helical = 627.19 mGy-cm) นั่นแสดงให้เห็นว่า ในการตรวจเด็กโตซึ่งจะมีขนาดศีรษะใกล้เคียงกับผู้ใหญ่นั้น ในทางปฏิบัติย่อมมีการกำหนดโปรโตคอลการตรวจในชุดค่าพารามิเตอร์เดียวกันกับชุดโปรโตคอลการตรวจของผู้ใหญ่ จึงต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการเลือกใช้โปรโตคอลการตรวจมาใช้ตรวจผู้ป่วยเด็กเล็ก

ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยเด็กได้รับ แม้จะมีค่าอยู่ในระดับปลอดภัยเมื่อเทียบกับระดับรังสีอ้างอิง แต่ในทางปฏิบัติแล้ว การเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองในผู้ป่วยเด็กนั้น ยิ่งผู้ป่วยอายุน้อยเท่าไร ก็ยิ่งต้องการความรวดเร็วในการสแกน ทำให้มักจะใช้การสแกนแบบ Helical mode ไม่ว่าจะเป็นผู้ป่วยเด็กที่ต้องใช้การดมยาร่วมด้วย หรือผู้ป่วยเด็กโตที่ให้ความร่วมมือก็ตาม เพื่อป้องกัน motion artifacts ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของภาพรังสี ดังนั้น ในการคำนึงถึงปริมาณรังสีจึงยังคงต้องให้ความสำคัญกับปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ ได้แก่

- 1) ค่าความต่างศักย์ของหลอดเอกซเรย์ (Tube voltage) คือ ค่าที่บ่งบอกถึงพลังงานเอกซเรย์ มีหน่วยเป็น กิโลโวลต์ (kVp) ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ
- 2) ค่ากระแสหลอดของหลอดเอกซเรย์ (Tube current) คือ ค่าที่บ่งบอกถึงจำนวนโฟตอนที่ออกมาจากหลอดเอกซเรย์ มีหน่วยเป็นมิลลิแอมแปร์ (mA) ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ

- 3) เวลาในการหมุน (Rotation time) คือ เวลาที่ใช้ในการสแกนครบ 1 รอบ มีหน่วยเป็นวินาที (s) โดยทั่วไปเวลาในการหมุนจะนำไปคูณกับค่ากระแสหลอดทำให้ได้ค่า mAS มีหน่วยเป็นมิลลิแอมแปร์-วินาที ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับในทางปฏิบัติควรเลือกใช้ค่ากระแสหลอดที่มากและเวลาในการหมุนที่น้อยลง ทำให้คุณภาพของภาพดีขึ้นเนื่องจากสัญญาณรบกวน (Noise) ลดลง
- 4) ความยาวสแกนทั้งหมด (Total scan length) คือ ความยาวในการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปสร้างภาพทั้งหมด จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ
- 5) ความหนาสไลด์ (Slice thickness) คือ ความหนาของชิ้นภาพ ซึ่งจะถูกจำกัดโดยความหนาของตัวรับรังสี (Detector element) และจะเป็นสัดส่วนแบบผกผันกับปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ กล่าวคือ ถ้าลดความหนาสไลด์ลง จะทำให้คุณภาพของภาพไม่ดีขึ้นเนื่องจากมีอัตราส่วนสัญญาณภาพต่อสัญญาณรบกวน (Signal-to-noise ratio; SNR) ที่ต่ำ หรือสัญญาณรบกวนสูงขึ้น จึงจำเป็นต้องเพิ่มการตั้งค่าของปัจจัยอื่นๆ มากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับสูงขึ้นตามไปด้วย
- 6) พิชต์ (Pitch) คือ อัตราส่วนระยะการเลื่อนของเตียงเมื่อหลอดเอกซเรย์หมุนครบต่อความหนาสไลด์ที่เก็บข้อมูล เป็นค่าเฉพาะการตรวจ Helical mode เท่านั้น โดยค่าพิชต์จะแปรผกผันกับปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ กล่าวคือ ถ้าตั้งค่าพิชต์มาก (>1) จะช่วยลดสิ่งแปลกปลอม

เนื่องจากการเคลื่อนไหวของตัวผู้ป่วย (Motion artifact) และลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับอีกด้วย แต่ถ้าตั้งค่าพิชต์น้อย (<1) จะช่วยเพิ่มสัญญาณภาพเนื่องจากการซ้อนทับกันของข้อมูล แต่จะทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีสูงตามไปด้วย

อย่างไรก็ตาม ในการวิจัยนี้เก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี เนื่องจากผู้ป่วยเด็กมีจำนวนการตรวจต่อปีไม่มากนัก จึงจำเป็นต้องเก็บย้อนหลังในช่วงเวลาดังกล่าว โดยในระหว่างนี้ได้มีการสอนทวนแล้วว่าไม่ได้มีการปรับปรุงโปรโตคอลเพื่อลดปริมาณรังสีกับผู้ป่วยเด็ก เพื่อให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ

ดังนั้น ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองของโรงพยาบาลศิริราชมีค่าต่ำกว่าระดับรังสีอ้างอิงแนะนำจึงมีความน่าเชื่อถือ และสามารถที่จะแนะนำการตั้งค่าเทคนิคตามโปรโตคอลการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองในผู้ป่วยเด็กของโรงพยาบาลศิริราชเป็นแนวทางการตั้งค่าทางเทคนิคเพื่อการลดปริมาณรังสีในผู้ป่วยเด็กได้

เอกสารอ้างอิง

1. ภรภัทร อินพรม. การพัฒนาเทคนิคการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองเพื่อลดปริมาณรังสีในผู้ป่วยที่ต้องสแกนซ้ำ. [งานวิจัย] โรงพยาบาลประสาทเชียงใหม่; 2563.
2. วัฒนา วงษ์ศานนท์, จิรันธนิน เถารอด, เพชรากร หาญพานิชย์, ปณัสดา อวิคุณประเสริฐ. การศึกษาค่าผลคูณปริมาณรังสีตลอดความยาว

ของการสแกนจากการตรวจเอกซเรย์

คอมพิวเตอร์ในโรงพยาบาลศรีนครินทร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2563;35(4): 433-437.

3. Boone J, Strauss K, Cody D, Cynthia M, Mcnitt-Grey M, Toth T, et al. Size Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations. American Association of Physicists in Medicine. 2011.
4. Cynthia M, Sue E, Rich G, Bob G, Nicholas K, Walter H, et al. The Measurement, Reporting, and Management of Radiation Dose in CT. American Association of Physicists in Medicine. 2008. 34p. AAPM Report No.:96.
5. Daisuke Y, Yasutaka T. Usefulness of size-specific dose estimate in pediatric computed tomography: revalidation of large-scale pediatric CT dose survey data in Japan. 2017
6. European Commission. European guidelines on quality criteria for computer tomography. EUR 16262 EN. Luxembourg: Office for Official Publication of the European Communities; 2000.
7. Gökçe K, Parmaksız T, İnal EB, Figen B, Tolga Ö, Sadi G. Patient doses from CT examinations in Turkey 2015;428-33.

8. Gray JE, Archer BR, Butler PF, Hobbs BB, Mettler FA, et al. Reference values for diagnostic radiology: Application and impact. *Radiology* 2005;235:354-358.
9. Hyun WG. CT Radiation Dose Optimization and Estimation: an Update for Radiologists. *Korean J Radiol* 2012;13(1):1-11.
10. Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States. National Council on Radiation Protection and Measurements. 2009.
11. Jibiri NN, Olowookere JC. Evaluation of dose area product of common radiographic examinations towards establishing a preliminary diagnostic reference levels (PDRLs) in Southwestern Nigeria. *J Appl Clin Med Phys* 2016;17(6):396-398.
12. Shrimpton PC, Harrison JD. Updated estimates of typical effective doses for common CT examinations in the UK following the 2011 national review. In: Shrimpton PC, editor. Public Health England, Centre for Radiation, Chemical and Environmental Hazards, Chilton, UK: The British Institute of Radiology. 2015.
13. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: Elsevier Ltd. 2007.