

การตรวจวัดปริมาณรังสีที่เลนส์ตาและต่อมไทรอยด์จากการตรวจซีทีสแกน และปริมาณรังสีรอบภายในห้องซีที: การศึกษาในหุ่นจำลอง

จिरันธนิน ภาอรอด¹, วัฒนนา วงศ์ษานนท์¹, เพชรากร หาญพานิชย์¹, ภัทรพร ดรงค์จันทร์¹, ปันเสดา อวิคุณประเสริฐ^{2,3*}, จุฑาทิพย์ ศรีวิชา³, วิฑิต ผึ้งกัน⁴

¹ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น

²ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช กรุงเทพฯ

³สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น

⁴กลุ่มมาตรฐานการวัดทางนิวเคลียร์และรังสี สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กรุงเทพฯ

The Measurement Radiation Doses to the Lens of Eye and Thyroid Gland from Computed Tomography Brain Scans and Radiation Dose Around in CT Scan Room: Phantom Study

Jiranthanin Phaorod¹, Wattana Wongsanon¹, Petcharakorn Hanpanich¹, Pattaraporn Domsrichan¹, Panatsada Awikunprasert^{2,3*}, Jutatip Sriwicha³, Vithit Pungkun⁴

¹ Department of Radiology, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen

² Department of Radiology, Faculty of Medicine Vajira Hospital, Navamindradhiraj University, Bangkok

³ Department of Physics, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen

⁴ Ionising Radiation Metrology Group, Office of Atoms for Peace, Bangkok

Received: 21 June 2019

Accepted: 3 February 2020

หลักการและวัตถุประสงค์: เพื่อวัดปริมาณรังสีที่เลนส์ตาและต่อมไทรอยด์จากการตรวจซีทีสแกนด้วยเครื่องซีที 3 เครื่อง ร่วมกับการใช้และไม่ใช้บิสมัทป้องกันรังสี และการตรวจวัดปริมาณรังสีกระเจิงรอบห้องซีที

วิธีการศึกษา: ติดอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีชนิดโอเอสแอลบนเปลือกตาและที่ผิวหนังบริเวณต่อมไทรอยด์ของหุ่นจำลอง และติดที่ผนังคอนกรีต ประตูและกระจกตะกั่วระหว่างห้องซีทีบริเวณพื้นที่ควบคุมและพื้นที่ตรวจตรา

ผลการศึกษา: ปริมาณรังสีสมมูลของเครื่องซีที 3 เครื่อง จากการตรวจซีทีสแกนด้วยโปรโตคอลต่าง ๆ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ พบว่า การใช้บิสมัทป้องกันรังสีช่วยลดปริมาณรังสีที่เลนส์ตาลงร้อยละ 27 - 48 การสำรวจปริมาณรังสีรอบห้องซีที พบว่า พื้นที่ตรวจตรามีค่าปริมาณรังสีอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด แต่บริเวณพื้นที่ควบคุม 2 ตำแหน่ง มีปริมาณรังสีเกินกว่าที่กำหนด จำเป็นต้องตรวจสอบและปรับปรุงต่อไป

สรุป: การปรับพารามิเตอร์ให้เหมาะสมโดยผู้ใช้จะช่วยลดปริมาณรังสีให้กับผู้ป่วยได้โดยเฉพาะในผู้ป่วยเด็ก การใช้บิสมัทช่วยลดการได้รับรังสีได้ การตรวจสอบประสิทธิภาพการป้องกันในพื้นที่ควบคุมและพื้นที่ตรวจตรามีความจำเป็น

Background and Objective: This study aimed to measure radiation dose to lens of eye and thyroid gland from three different computed tomography (CT) brain scanners, including of measuring the radiation dose with and without bismuth radiation shield. Moreover, the scatter radiation dose in the CT rooms was also measured.

Methods: Optically stimulated luminescence (OSL) dosimeters were placed on the phantom to measure the skin dose at eye lens and thyroid gland. The OSL dosimeters were also placed on the wall, door, lead glass inside and outside the CT rooms to measure the radiation dose in the supervised and controlled area.

Results: The radiation equivalent doses from the three CT scanners were significantly different. The use of bismuth eye shield could reduce the amount of radiation on the eye lens by 27 - 48 %. The radiation dose in the supervised area was within the relevant annual dose limit. However, there were two locations

*Corresponding author : Panatsada Awikunprasert, Department of Radiology, Faculty of Medicine Vajira Hospital, Navamindradhiraj University, Bangkok. Email: panatsada@nmu.ac.th

คำสำคัญ: เครื่องซีที โอเอสแอล ปริมาณรังสี พื้นที่ควบคุม พื้นที่ตรวจตรา

in the controlled area where radiation dose exceeded the dose limit. The investigation must be performed to reduce the radiation dose within the regulatory dose limits.

Conclusions: Radiographers should carefully adjust the exposure techniques in order to optimise the radiation doses, especially in pediatric patients. The bismuth radiation shield helps to reduce the scattered radiation. The efficiency of lead door, wall and lead glass must be routinely checked for radiation monitoring.

Keywords: CT scan, OSL dosimeter, radiation dose, controlled area, supervised area

ศรีนครินทร์เวชสาร 2563; 35(2): 153-160. • Srinagarind Med J 2020; 35(2): 153-160.

บทนำ

การถ่ายภาพอวัยวะภายในร่างกายเพื่อช่วยในการตรวจวินิจฉัยโรคให้มีความถูกต้องแม่นยำและนำไปสู่การรักษาที่มีประสิทธิภาพนิยมใช้รังสีเอกซ์ การตรวจโดยใช้รังสีเอกซ์แบบทั่วไปให้ภาพ 2 มิติ ในกรณีที่ต้องการภาพที่มีรายละเอียดและความแม่นยำมากขึ้น หรือความเฉพาะเจาะจงมากขึ้น จะใช้การตรวจวินิจฉัยแบบเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า ซีที (computed tomography; CT หรือ computed axial tomography; CAT) ใช้เทคโนโลยีในการตรวจที่ซับซ้อนกว่าเอกซเรย์ทั่วไป สามารถแสดงภาพตัดขวางของอวัยวะที่ตรวจได้ และสามารถสร้างเป็นภาพ 3 มิติ ช่วยให้แพทย์อ่านความผิดปกติของอวัยวะนั้นๆ ได้แม่นยำมากขึ้น การตรวจด้วยซีทีสามารถตรวจเนื้อเยื่อหรืออวัยวะได้เกือบทุกชนิด เช่น การตรวจช่องท้อง กล้ามเนื้อ ดวงตา สมอง การตรวจด้วยซีทีเป็นที่นิยมมากสำหรับการตรวจในกรณีฉุกเฉินต่างๆ โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่บาดเจ็บบริเวณศีรษะ ผู้ป่วยที่มีเนื้อเยื่อสมองมีความผิดปกติ ผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของหลอดเลือดสมองต้องได้รับการตรวจและวินิจฉัยจากแพทย์โดยด่วน เพื่อให้การรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การตรวจด้วยซีทีใช้ปริมาณรังสีที่สูงกว่าการตรวจแบบเอกซเรย์ทั่วไป และเนื่องจากรังสีเอกซ์เป็นรังสีประเภทไอออไนซ์ (ionising radiation) สามารถก่อให้เกิดการบาดเจ็บของเซลล์ทุกชนิด การบาดเจ็บจะมากหรือน้อยขึ้นกับปริมาณและระดับพลังงานของรังสีเอกซ์ที่เซลล์ได้รับ รวมทั้งชนิดและอายุของเซลล์ด้วย ถ้าใช้รังสีเอกซ์ในปริมาณที่มากเกินไป ความจำเป็นอาจก่อให้เกิดความเสียหายและการบาดเจ็บของเซลล์ได้ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว อัตราเสี่ยงต่ออันตรายที่ได้รับรังสีนอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาณรังสี ชนิดรังสี และพลังงานแล้วยังขึ้นอยู่กับอวัยวะ ที่ตรวจ ขนาดของผู้ป่วย เทคนิคการตรวจ และระบบของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์¹ องค์การอาหารและยาประเทศสหรัฐอเมริกา ระบุปริมาณรังสีรังสีจากการตรวจซีทีสมอง (CT brain) โดยประมาณเท่ากับ 2 มิลลิซีเวิร์ต (mili-Sivert ; mSv) และการตรวจซีทีหลอดเลือดในสมอง (Cerebral CT angiogram) จะทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสี

ผลสูงถึง 16 mSv² เพื่อไม่ให้ผู้ป่วยได้รับเกินความจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันเพื่อลดปริมาณรังสี เช่น เสื้อตะกั่ว แผ่นตะกั่ว ป้องกันต่อมไทรอยด์ อุปกรณ์ป้องกันรังสีที่ทำจากบิสมัท (bismuth) สามารถลดปริมาณรังสีเฉลี่ยที่เลนส์ตาในผู้ป่วยเด็กที่เข้ารับการตรวจซีทีสมองได้^{3, 4} สำหรับผู้ปฏิบัติงานอาจได้รับรังสีโดยที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้น ต้องมีการป้องกันให้ได้รับรังสีน้อยที่สุด เช่น ผู้ปฏิบัติงานจะต้องสวมชุดกำบังรังสีและอยู่ห้องที่มีกำแพงคอนกรีตที่หนา หรือ มีตะกั่วกัน รวมถึงการเฝ้าระวังโดยการใช้อุปกรณ์วัดปริมาณรังสีประจำตัวบุคคล โดยกฎหมายกำหนดขีดจำกัดการได้รับรังสี ให้ปริมาณรังสีรังสีผลที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับไม่เกิน 20 mSv/y โดยเฉลี่ยตลอด 5 ปี การตรวจวัดปริมาณรังสีเพื่อเฝ้าระวัง ติดตาม และควบคุมการได้รับปริมาณรังสีที่มากเกินไปจำเป็นต้องมีอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีประจำตัวบุคคล เช่น อุปกรณ์วัดปริมาณรังสีชนิดทีแอลดี (thermoluminescent dosimeters; TLD) อุปกรณ์วัดปริมาณรังสีชนิดโอเอสแอล (Optically Stimulated Luminescence; OSL) ซึ่งโอเอสแอลยังสามารถนำไปใช้ในการตรวจวัดรังสีปริมาณต่ำๆ จากงานรังสีวินิจฉัยได้ เนื่องจากโอเอสแอลสามารถขึ้นรูปให้มีลักษณะต่างๆ ทำให้มีขนาดเล็ก สะดวกในการใช้งาน มีความไวต่อรังสีสูง สามารถวิเคราะห์ค่าปริมาณรังสีซ้ำได้ และมีความโปร่งรังสีไม่ส่งผลต่อการถ่ายภาพเพื่อการวินิจฉัยโรค เช่น การใช้อุปกรณ์วัดรังสีชนิดโอเอสแอล รุ่นนาโนดอท (nanoDot) ที่มีช่วงตอบสนองต่อพลังงานของรังสีในช่วงกว้าง (ประมาณ 5 keV -20 MeV) ในงานรังสีวินิจฉัย สามารถนำมาใช้เพื่อวัดปริมาณรังสีสะสมที่ผิวหนังในตำแหน่งสนใจหรือบริเวณอวัยวะที่ไวต่อรังสี เช่น ไทรอยด์ เลนส์ตา⁶ การทำแผนที่ปริมาณรังสีที่อวัยวะต่างๆ ได้รับจากการตรวจด้วยซีที⁷

เนื่องจากปัจจุบันมีผู้ผลิตเครื่องซีทีหลายบริษัท หลายรุ่น แม้ว่าการตรวจโดยใช้เทคนิคเหมือนกัน แต่การกำหนดโปรโตคอล (protocol) การตรวจของแต่ละบริษัทต่างกัน ทำให้ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับต่างกัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดปริมาณรังสีที่เลนส์ตาและไทรอยด์โดยใช้อุปกรณ์วัดปริมาณรังสีโอเอสแอล โดยเปรียบเทียบปริมาณรังสีโดยใช้

โปรโตคอลการตรวจซีทีสมองในงานประจำ (routine CT brain protocol) ของเครื่องซีทีนั้นๆ โดยใช้หุ่นจำลองเป็นตัวแทนสมองผู้ป่วย และเพื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสีจากเครื่องซีที 3 เครื่อง และเปรียบเทียบปริมาณรังสีระหว่างการใช่และไม่ใช้บิสมัทป้องกันรังสีที่เลนส์ตา การหาค่าปริมาณรังสีกระเจิง (scattered radiation) รอบเครื่องซีที และการประเมินประสิทธิภาพการกำบังรังสีของผนังคอนกรีต ประตูตะกั่ว กระจกตะกั่วที่ใช้กันระหว่างห้องฉายรังสีกับห้องควบคุมและนำมาเทียบกับค่ามาตรฐานด้านความปลอดภัยทางรังสีที่กำหนด

วิธีการศึกษา

การวัดปริมาณรังสีจากการตรวจซีทีสมอง (โดยไม่ใช้แผ่นบิสมัทกำบังรังสีที่เลนส์ตา)

ติดอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีชนิดโอเอสแอล รุ่นนาโนดอท (nanoDot™ OSL Dosimeter, LANDAUER®, Illinois, USA) บริเวณเปลือกตาบนหุ่นจำลอง ข้างละ 2 แผ่น เพื่อวัดปริมาณรังสีที่เลนส์ตา และติดที่บริเวณคอ ติดข้างละ 1 แผ่น เพื่อตรวจวัดปริมาณรังสีบริเวณทรอยด์ (รวมใช้นาโนดอท จำนวน 6 แผ่น ต่อการตรวจ 1 ครั้ง) จากนั้น วางหุ่นจำลองบนเตียงของเครื่องซีที เครื่องที่ 1 (CT#1) (ในการศึกษานี้ ใช้เครื่องซีที จำนวน 3 เครื่อง) โดยใช้โปรโตคอลซีทีสมองในงานประจำของเครื่องซีทีนั้นๆ เลือกใช้ 3 โปรโตคอล คือ (1) การตรวจซีทีสมอง สำหรับผู้ป่วยประสบอุบัติเหตุ (CT brain trauma; CTT) (2) การตรวจซีทีสมอง สำหรับไม่ใช้และใช้สารทึบรังสี (CT brain without and with contrast media; CTCM) และ (3) การตรวจซีทีหลอดเลือดสมอง (CT brain angiography; CTA) หลังการตรวจแต่ละครั้ง จะเปลี่ยนแผ่นนาโนดอทชุดใหม่ ในแต่ละ

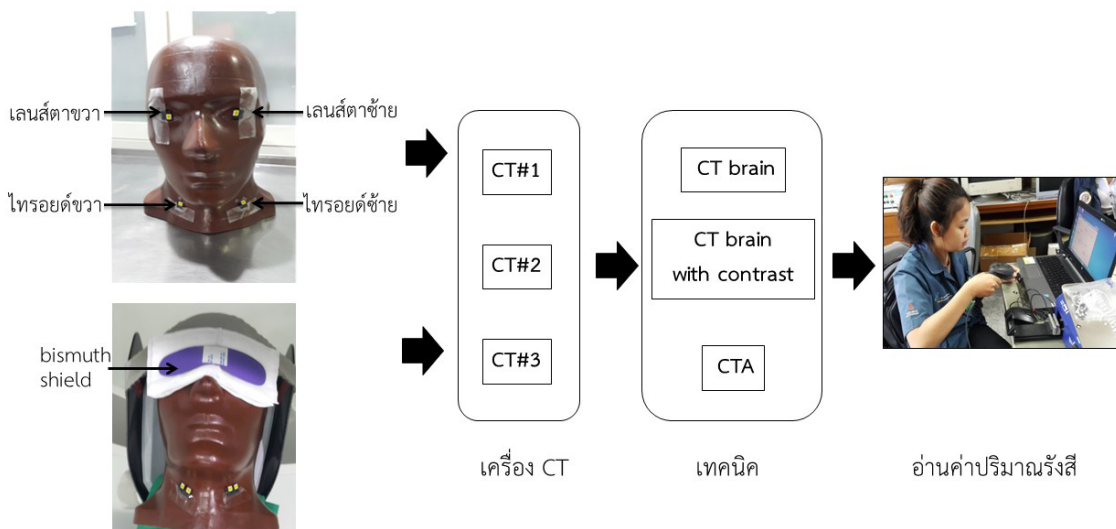
โปรโตคอล จะทำการตรวจ จำนวน 3 ครั้ง เมื่อทำการตรวจครบทั้ง 3 โปรโตคอลแล้ว จะรวบรวมแผ่นนาโนดอท ไปอ่านค่าปริมาณรังสีด้วยเครื่องอ่านรังสีนาโนดอท รุ่น microstar ของบริษัท Landauer และบันทึกค่าปริมาณรังสีทำการทดลองเช่นเดิม แต่เปลี่ยนเป็นเครื่องซีที เครื่องที่ 2 (CT#2) และ 3 (CT#3) ตามลำดับ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสีจากเครื่องซีทีทั้งสามเครื่อง (รูปที่ 1)

การวัดปริมาณรังสีจากการตรวจซีทีสมอง (โดยใช้แผ่นบิสมัทกำบังรังสีที่เลนส์ตา)

ก่อนหน้านี เป็นการตรวจโดยไม่ใช้แผ่นบิสมัทกำบังรังสีที่เลนส์ตา คราวนี้ทำการตรวจซ้ำทั้งใน 3 โปรโตคอล ด้วยเครื่องซีที 3 เครื่อง ด้วยการใส่แผ่นบิสมัทกำบังรังสีที่เลนส์ตา เมื่อทำการตรวจครบแล้ว จะรวบรวมแผ่นนาโนดอท ไปอ่านค่าปริมาณรังสี นำข้อมูลมาทำการศึกษาและเปรียบเทียบต่อไป (รูปที่ 1)

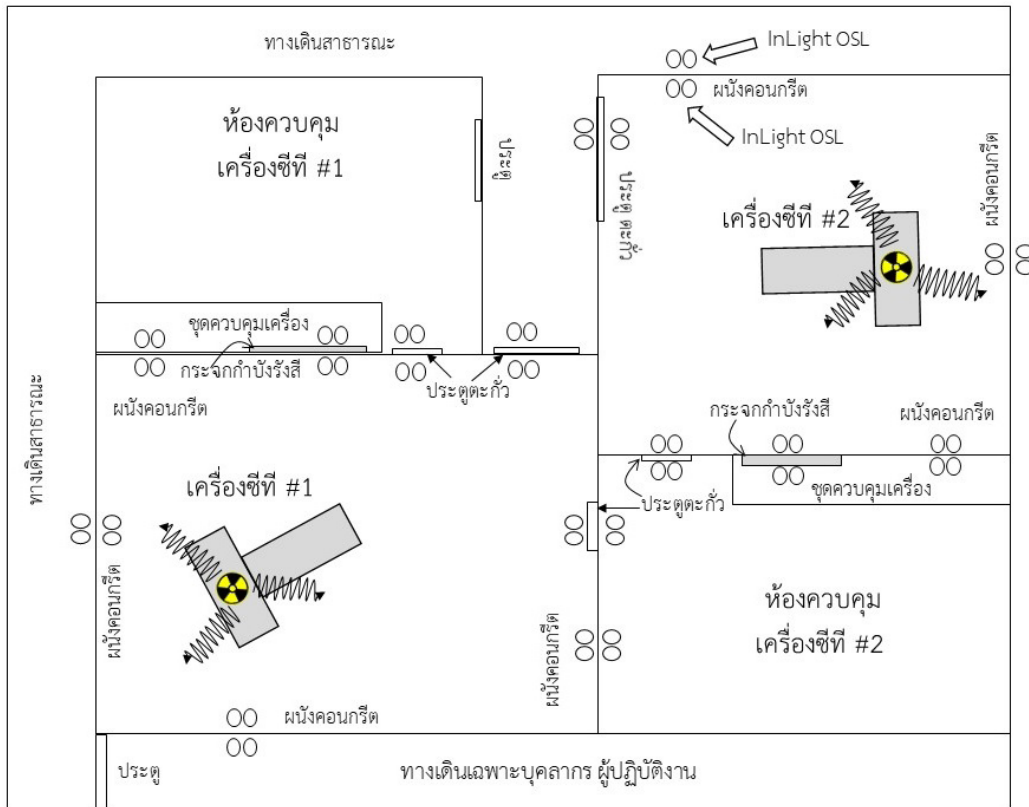
การวัดปริมาณรังสีกระเจิงรอบห้องตรวจซีที

บรรจุอุปกรณ์วัดรังสีโอเอสแอล รุ่นอินไลท์ (InLight™ OSL Dosimeter, LANDAUER®, Illinois, USA) จำนวน 2 แผ่น ลงในถุงพลาสติก และนำไปติดที่บริเวณต่างๆ ของห้องตรวจ ใน การศึกษานี้ มีจำนวนห้องตรวจซีที 2 ห้อง โดยติดอุปกรณ์วัดรังสีที่กระเจิงกำบังรังสี ผนังคอนกรีต และประตูที่บุด้วยตะกั่ว ทั้งด้านในและด้านนอกห้องซีที (รูปที่ 2) เก็บข้อมูล 24 ชั่วโมง ในระหว่างที่เครื่องซีที ทั้ง 2 เครื่อง มีการใช้งานให้บริการตรวจวินิจฉัยตามปกติ จากนั้น นำอุปกรณ์วัดรังสีโอเอสแอลไปอ่านค่าด้วยเครื่องอ่านค่าปริมาณรังสีอัตโนมัติ รุ่น InLight Auto 200 Reader และบันทึกค่าปริมาณรังสี



การติดตั้งอุปกรณ์วัดรังสี nanoDot™

รูปที่ 1 ขั้นตอนการวัดปริมาณรังสีที่เลนส์ตาและทรอยด์ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสีระหว่างการไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันรังสีและการใช้อุปกรณ์ป้องกันรังสี การเปรียบเทียบปริมาณเครื่อง CT ต่างยี่ห้อกันและการเปรียบเทียบปริมาณรังสีแต่ละเทคนิค โดยการติดอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีโอเอสแอลชนิดนาโนดอทที่เลนส์ตาและทรอยด์



รูปที่ 2 ตำแหน่งการติดตั้งแผ่นวัดปริมาณรังสีไอเอสแอลชนิด InLight

ผลการศึกษา

เปรียบเทียบปริมาณรังสีจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ 3 เครื่อง

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณรังสีดูดกลืน (radiation absorbed dose) ที่วัดได้จากการใช้โปรโตคอลการตรวจซีทีสมอง 3 โปรโตคอล โดยใช้เครื่องซีที จำนวน 3 เครื่อง เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณรังสีจากโปรโตคอลการตรวจสมอง CTT พบว่า ปริมาณรังสีสมมูลที่เลนส์ตาซ้ายและต่อมไทรอยด์ขวามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ค่าปริมาณรังสีสูงสุดมาจาก CT#1 และ CT#3 โดยบริเวณเลนส์ตาซ้ายและขวาได้รับปริมาณรังสีดูดกลืนเฉลี่ยประมาณ 24 – 29 มิลลิเกรย์ (milligray ; mGy) และ CT#2 วัดค่าปริมาณรังสีดูดกลืนเฉลี่ยที่เลนส์ตาได้ประมาณ 16 mGy อย่างไรก็ตาม ปริมาณรังสีดูดกลืนที่เลนส์ขวาและต่อมไทรอยด์ซ้ายที่วัดได้จากทั้ง 3 เครื่องมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

โปรโตคอลการตรวจสมอง CTCM เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณรังสีดูดกลืนจาก ทั้ง 3 เครื่อง พบว่า ปริมาณรังสีดูดกลืนที่เลนส์ตาซ้าย เลนส์ตาขวา ต่อมไทรอยด์ซ้ายและขวา ที่วัดได้จากทั้ง 3 เครื่อง มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณรังสีสูงสุดจาก CT#3 โดยบริเวณตาเลนส์ซ้ายและเลนส์ตาขวาได้รับปริมาณรังสีดูดกลืนเฉลี่ยประมาณ 48 – 50 mGy และ CT#1 และ CT#2 วัดค่าปริมาณรังสีที่เลนส์ตาได้ประมาณ 19 – 31 mGy

สำหรับโปรโตคอลการตรวจสมอง CTA พบว่า เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณรังสีจากทั้ง 3 เครื่อง พบว่า

ปริมาณรังสีดูดกลืนที่เลนส์ตาซ้าย เลนส์ตาขวา ต่อมไทรอยด์ซ้ายและขวาที่วัดได้จากทั้ง 3 เครื่องมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณรังสีสูงสุดจาก CT#3 โดยบริเวณเลนส์ตาซ้ายและเลนส์ตาขวาได้รับปริมาณรังสีดูดกลืนเฉลี่ยประมาณ 70 – 74 mGy และ CT#1 และ CT#2 วัดค่าปริมาณรังสีที่เลนส์ตาได้ประมาณ 53 – 69 mGy

เปรียบเทียบปริมาณรังสีจากโปรโตคอลการตรวจสมอง

ค่าปริมาณรังสีที่วัดได้จากโปรโตคอลการตรวจซีทีสมอง 3 โปรโตคอล ได้แก่ CTT, CTCM และ CTA พบว่า บริเวณเลนส์ตาซ้ายและเลนส์ตาขวา ใน CTA มีปริมาณรังสีมากที่สุดประมาณ 65 mGy หรือมากถึง 3 เท่า เมื่อเทียบกับ CTT และ CTCM คือ 33 mGy และ 23 mGy ตามลำดับ และในบริเวณต่อมไทรอยด์ซ้ายและขวา จะเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสีจากการตรวจทั้ง 3 โปรโตคอล CTA มีค่าปริมาณรังสีดูดกลืนมากที่สุดถึง 20 mGy หรือมากถึง 10 เท่า เมื่อเทียบกับโปรโตคอล CTT และ CTCM คือ 1 และ 2 mGy ตามลำดับ จากการวัดปริมาณรังสีสมมูลที่เลนส์ตาและต่อมไทรอยด์โปรโตคอล CTA พบว่า มีปริมาณรังสีสูงสุด และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเลนส์ตาและต่อมไทรอยด์ จะเห็นว่าบริเวณเลนส์ตาได้รับรังสีมากกว่าต่อมไทรอยด์ถึง 3 เท่า (ตารางที่ 2)

เปรียบเทียบปริมาณรังสีที่เลนส์ตาระหว่างการไม่ใช้และใช้บิสัทกำบังรังสี

โปรโตคอลการตรวจซีทีสมอง CTT ผลการวัดปริมาณรังสีที่เลนส์ตา เมื่อติดบิสัทป้องกันและไม่ติดอุปกรณ์ป้องกัน พบ

ตารางที่ 1 ค่าปริมาณรังสีสมมูลเฉลี่ยที่เลนส์ตาและต่อมไทรอยด์ จากการใช้โปรโตคอลตรวจซีทีสมอง 3 โปรโตคอล จากเครื่องซีที 3 เครื่อง

CT	Mean equivalent dose for CTT (mSv)				Mean equivalent dose for CTCM (mSv)				Mean equivalent dose for CTA (mSv)			
	Lt eye	Rt eye	Lt thyroid	Rt thyroid	Lt eye	Rt eye	Lt thyroid	Rt thyroid	Lt eye	Rt eye	Lt thyroid	Rt thyroid
CT#1	29.30	24.20	1.80	1.80	19.30	19.50	1.60	1.50	53.40	55.70	25.50	26.90
CT#2	15.30	16.00	1.30	1.40	30.60	31.10	2.20	2.80	69.70	67.80	30.80	32.10
CT#3	25.10	24.60	1.40	1.20	50.50	48.60	1.90	1.90	74.10	70.60	3.10	3.00
p-value	0.000	0.119	0.131	0.017	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ตารางที่ 2 ปริมาณรังสีสมมูลเฉลี่ย จากโปรโตคอลการตรวจซีทีสมอง 3 โปรโตคอล เมื่อไม่ใช้และใช้บิสมัทป้องกันรังสีที่บริเวณเลนส์ตา

Protocol	CT	Mean equivalent dose at Lt eye (mSv)			Mean equivalent dose at Rt eye (mSv)		
		Without Bismuth	With Bismuth	% different	Without Bismuth	With Bismuth	% different
CTT	# 1	29.26	19.26	34.20	24.20	19.53	19.31
	# 2	15.34	10.41	32.11	15.97	10.83	32.20
	# 3	25.11	19.47	22.47	24.61	20.38	17.19
CTCM	# 1	57.61	38.18	33.73	58.37	34.93	40.16
	# 2	30.60	21.42	30.00	31.10	22.09	28.98
	# 3	50.48	41.41	17.96	48.55	41.20	15.14
CTA	# 1	53.36	35.92	32.69	55.67	37.52	32.61
	# 2	69.70	52.49	24.69	67.80	35.67	47.38
	# 3	74.12	17.73	76.08	70.62	17.22	75.62

ว่า ปริมาณรังสีที่เลนส์ตาลดลง เมื่อมีการติดบิสมัทป้องกัน CT#1 พบว่า การลดลงของปริมาณรังสีเฉลี่ยที่ตำแหน่งเลนส์ตาซ้ายและขวาไม่เท่ากัน โดยบริเวณตาซ้ายค่าปริมาณรังสีเฉลี่ยลดลงร้อยละ 34 และตาขวาปริมาณรังสีเฉลี่ย ลดลงร้อยละ 19 ในขณะที่ CT#2 การลดลงของปริมาณรังสีเมื่อติดอุปกรณ์ป้องกันที่บริเวณเลนส์ตาซ้ายและตาขวาเท่ากัน คือ ปริมาณรังสีเฉลี่ย ลดลงร้อยละ 32 และ CT#3 วัด ปริมาณรังสีเฉลี่ย บริเวณเลนส์ตาซ้ายลดลงร้อยละ 22 และเลนส์ตาขวาลดลงร้อยละ 17 โปรโตคอลการตรวจซีทีสมอง CTCM ผลการวัดปริมาณรังสีเมื่อติดบิสมัทป้องกันและไม่ติดอุปกรณ์ป้องกันที่เลนส์ตา พบว่า CT#1 ปริมาณรังสีเฉลี่ยบริเวณเลนส์ตาซ้ายลดลงร้อยละ 33 ขณะที่เลนส์ตาขวา ลดลงร้อยละ 40 CT#2 ปริมาณรังสีเฉลี่ย บริเวณเลนส์ตาซ้ายและขวาลดลงร้อยละ 29 และร้อยละ 28 ตามลำดับ และ CT#3 ปริมาณรังสีเฉลี่ยบริเวณเลนส์ตาซ้ายลดลงร้อยละ 17 และตาขวาลดลงร้อยละ 15

โปรโตคอลการตรวจซีทีสมอง CTA ผลการเปรียบเทียบ ปริมาณรังสีเมื่อติดบิสมัทป้องกันและไม่ติดอุปกรณ์ป้องกันที่เลนส์ตา พบว่า CT#1 ปริมาณรังสีเฉลี่ยบริเวณตาซ้ายและตาขวาลดลงร้อยละ 32 CT#2 ปริมาณรังสีเฉลี่ย บริเวณตาซ้าย

และขวาลดลงไม่เท่ากัน โดยตาซ้ายมีปริมาณรังสีลดลงร้อยละ 24 และตาขวาลดลงร้อยละ 47 และ CT#3 ปริมาณรังสีเฉลี่ย บริเวณตาซ้ายลดลงร้อยละ 76 และตาขวาลดลงร้อยละ 75

ปริมาณรังสีด้านในและด้านนอกห้องตรวจซีที

ผลสำรวจปริมาณรังสีกระเจิงที่ถูกดูดกลืน (absorbed dose) ด้วยอุปกรณ์วัดปริมาณรังสี ชนิด inLight ที่ติดตั้งในและด้านนอกห้องตรวจซีที ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า บริเวณห้องควบคุมเครื่องซีที ซึ่งเป็นพื้นที่ควบคุม มีค่าปริมาณรังสีสูงสุด 8.3 ไมโครเกรย์ (micro gray ; μGy) เมื่อนำไปเทียบกับปริมาณรังสีที่กฎหมายกำหนด คือ ต้องมีค่าไม่เกิน 14.3 μGy เฉลี่ย 1 วัน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า พื้นที่ดังกล่าว อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยและไม่เกินขีดจำกัดที่กฎหมายกำหนด สำหรับบริเวณทางเดินสาธารณะ พื้นที่ตรวจตรา พบว่า มีปริมาณรังสีอยู่ในช่วง 1.6 - 8.3 ไมโครซีเวิร์ต (micro sievert ; μSv) เมื่อเทียบกับกฎหมายกำหนดคือไม่เกิน 2.8 μSv เฉลี่ย 1 วัน ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าที่กฎหมายกำหนดไว้ โดยบริเวณที่มีค่าปริมาณรังสีสูงเกินขีดจำกัด คือ บริเวณประตู 2 จุด และผนังคอนกรีต 2 จุด (รูปที่ 3)

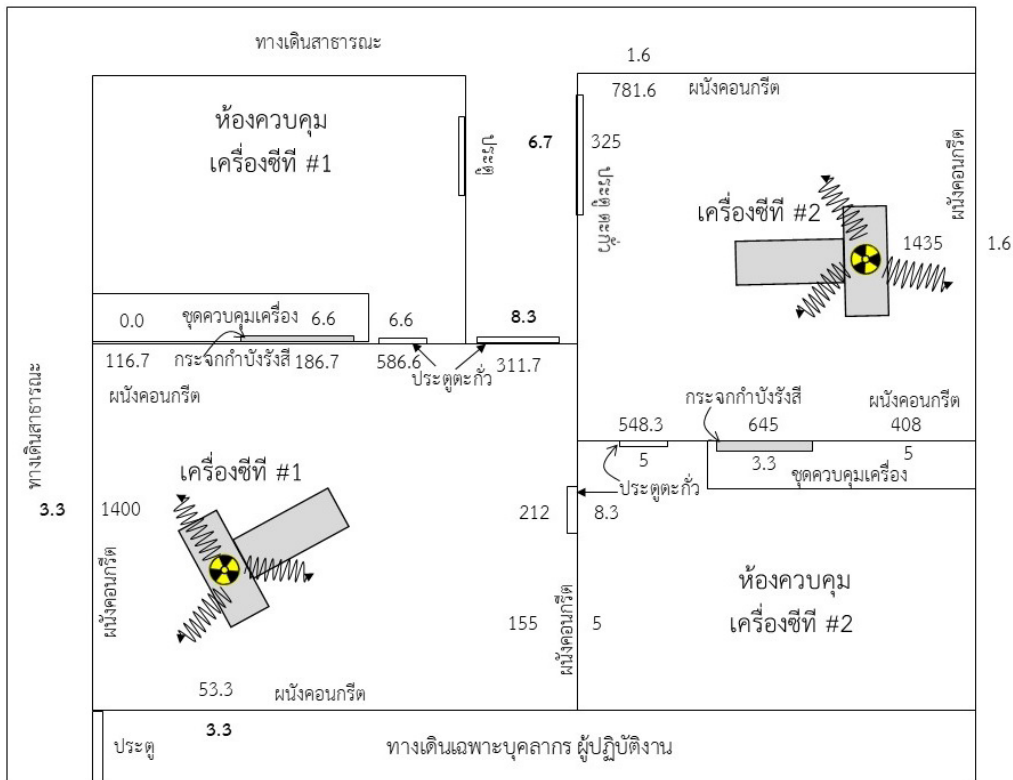
วิจารณ์

จากการศึกษาของ Suzuki และคณะ⁸ ปริมาณรังสีที่เลนส์ตาจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองด้วยจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ชนิดมัลติสไลด์ (multi-slice CT scan) จำนวน 8 เครื่อง พบว่า ปริมาณรังสีที่เลนส์ตา มีค่าอยู่ระหว่าง 42.6-103.5 mGy และ การศึกษาของ Nikupaavo และคณะ⁹ พบว่า ปริมาณรังสีที่เลนส์ตา มีค่าอยู่ระหว่าง 4.9 - 19.7 mGy จากการศึกษาสำหรับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองในผู้ป่วยอุบัติเหตุ (ที่ไม่ฉีดสารทึบรังสี) ปริมาณรังสีที่เลนส์ตา มีค่าอยู่ระหว่าง 15.30 - 29.30 mGy ผู้ป่วยที่ตรวจสมองร่วมกับการฉีดสารทึบรังสี ปริมาณรังสีที่เลนส์ตา มีค่าอยู่ระหว่าง 19.30-50.50 mGy และ ผู้ป่วยที่ตรวจหลอดเลือดสมองร่วมกับการฉีดสารทึบรังสี ปริมาณรังสีที่เลนส์ตา มีค่าอยู่ระหว่าง 53.40-74.10 mGy จากการศึกษา พบว่าค่าปริมาณรังสีที่เลนส์ตาได้รับ อยู่ในช่วงเกณฑ์ที่ปลอดภัยไม่เกินเกณฑ์ต่ำสุด สำหรับการก่อดำของต่อกระจก 500 mGy^{10, 11} และทำให้เกิดเลนส์ตาขุ่นมัว 500 - 2,000 mGy ตามที่คณะกรรมการฯ กำหนดไว้

เมื่อเปรียบเทียบจากการตรวจซีทีสมอง พบว่า และ ผู้ป่วยที่ตรวจหลอดเลือดสมองร่วมกับการฉีดสารทึบรังสี มีค่าปริมาณรังสีเฉลี่ยสูงสุด เนื่องจากในการตรวจหลอดเลือดสมอง จะต้องฉายรังสีให้ครอบคลุมสมองและบางส่วนของหลอดเลือดบริเวณลำคอ เพื่อเก็บข้อมูลสอดคล้องกับการไหลของหลอดเลือดสมอง จึงทำให้ใช้ปริมาณรังสีมากกว่าการตรวจตามโปรโตคอล ผู้ป่วยอุบัติเหตุ (ที่ไม่ฉีดสารทึบรังสี) และ ผู้ป่วยที่ตรวจสมองร่วมกับการฉีดสารทึบรังสี

จากการศึกษาของ Wang และคณะ 12 กับ Abuzaid และคณะ 13 ซึ่งทำการศึกษาปริมาณรังสีดูกลืนบริเวณเลนส์ตาและต่อมไทรอยด์ เมื่อใช้แผ่นบิสมีทมาใช้กำบังรังสี พบว่า แผ่นบิสมีทสามารถดูกลืนรังสี ทำให้ปริมาณรังสีบริเวณเลนส์ตา และต่อมไทรอยด์ ที่อยู่หลังแผ่นบิสมีท ลดลง ร้อยละ 26.4 และ ร้อยละ 40-60 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษา ปริมาณรังสีดูกลืนที่เลนส์ตา เมื่อใช้แผ่นบิสมีทช่วยลดปริมาณรังสีบริเวณเลนส์ตา ลดลง ร้อยละ 27-48 จาก 3 โปรโตคอลที่ใช้ในการตรวจสมอง

จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถแสดงให้เห็นถึง ค่าปริมาณรังสีดูกลืนที่เลนส์ตา ต่อมไทรอยด์ รวมถึงการกำบังรังสีเมื่อใช้แผ่นบิสมีท จากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมอง พบว่า มีค่าแตกต่างในการศึกษาต่างสถานที่กัน สาเหตุของปริมาณรังสีจากการตรวจที่มีค่าแตกต่างกันนั้น เกิดจากหลายปัจจัย ได้แก่ ชนิดของเครื่องที่ใช้งาน ขนาดหรือจำนวนของอุปกรณ์รังสี (detectors) ที่ใช้งาน (ในปัจจุบันมีตั้งแต่ 4 - 256 แถว) รวมถึงการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ซึ่งค่าเริ่มต้น (default setting) ของแต่ละบริษัท หรือ โรงพยาบาล ที่กำหนด เช่น ศักดาไฟฟ้า (kilo voltage; kV) ระยะเวลาในการสแกน (scan time) อัตราส่วนรอบการหมุนของหลอดเอกซเรย์ต่อการเคลื่อนที่ของเตียง (pitch ratio) ความหนาของชั้นที่ตัด (slice thickness) ระยะห่างระหว่างสไลด์ (inter slice spacing) เป็นต้น จากค่าปริมาณรังสีที่ไม่เท่ากันนี้ จำเป็นที่ผู้ใช้งานเครื่องจะต้องคำนึงถึงในการปรับตั้งค่าด้วยตนเองให้สอดคล้อง ตามโปรโตคอลการตรวจตามพยาธิสภาพของผู้รับบริการ หรือ ของโรคที่สงสัย เพื่อช่วยลดปริมาณรังสีให้กับผู้ป่วย โดยเฉพาะผู้ป่วยที่เป็นเด็ก



รูปที่ 3 ปริมาณรังสีภายในและภายนอกห้องตรวจซีทีทั้งสองเครื่อง CT#1 และ CT#2

สำหรับการตรวจวัดปริมาณรังสีกระเจิงด้านในและด้านนอกห้องซีที พบว่า ปริมาณรังสีในพื้นที่ควบคุมมีปริมาณรังสีน้อยกว่าเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด ส่วนพื้นที่ตรวจตรา มีบางตำแหน่งที่มีปริมาณรังสีมากกว่าเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด จำเป็นต้องดำเนินการป้องกันและการแก้ไข และตรวจสอบซ้ำอีกครั้ง เพื่อให้เกิดความปลอดภัยทางรังสีในลำดับต่อไป

สรุป

การศึกษาครั้งนี้เป็นการประเมินคุณภาพการทำงานประจำด้วยการเก็บข้อมูลจากการใช้โปรโตคอลที่ใช้ในการตรวจวินิจฉัยสมองจากเครื่องเอกซเรย์ 3 เครื่อง ที่ใช้งานประจำ แล้วนำข้อมูลที่ได้นำมาศึกษาวิเคราะห์ เพื่อพัฒนาสู่วินิจฉัย ด้วยการวัดปริมาณรังสีที่เลนส์ตาและต่อมไทรอยด์ ร่วมกับการใช้และไม่ใช่บิสมัทป้องกันรังสี รวมถึงการ เพื่อประเมินประสิทธิภาพการป้องกันรังสีของผนัง ประตูและกระจกตะกั่วที่ใช้กันระหว่างห้องฉายรังสีกับพื้นที่ควบคุมและพื้นที่ตรวจตรา ซึ่งหน่วยงานยังไม่เคยทำการศึกษามาก่อน เมื่อได้ข้อมูลจากการศึกษานี้ พบว่า การใช้พารามิเตอร์ต่างๆในการตรวจวินิจฉัยสมองด้วยเครื่องเอกซเรย์ 3 เครื่อง ที่ใช้ในงานประจำมีความแตกต่างกัน และปริมาณรังสีที่ใช้ ก็ไม่ได้สูงเกินระดับเกณฑ์ต่ำสุด ตามที่คณะกรรมการการว่าด้วยการป้องกันอันตรายจากรังสีระหว่างประเทศ (ICRP) กำหนดไว้ ซึ่งทำให้ผู้ทำการศึกษาได้เห็นโอกาสในการพัฒนา ด้วยการปรับพารามิเตอร์ในการตรวจสมองเครื่องเอกซเรย์ทั้ง 3 เครื่อง ให้มีค่าลดลงหรือใกล้เคียงกันโดยที่ไม่ทำให้คุณภาพของภาพที่ได้ลดลง

สำหรับการตรวจวัดปริมาณรังสีกระเจิงด้านในและด้านนอกห้องซีที พบว่า ปริมาณรังสีในพื้นที่ควบคุมอยู่ในระดับปลอดภัยสำหรับผู้ปฏิบัติงาน แต่ในพื้นที่ตรวจตรา มีบางตำแหน่งที่มีปริมาณรังสีมากกว่าเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด จะได้ดำเนินการแก้ไข เพื่อให้เกิดความปลอดภัยทางรังสีในลำดับต่อไป

การใช้บิสมัทป้องกันรังสี Wang และคณะ¹² ได้ให้ข้อมูลแนะนำ วิธีการวางแผ่นบิสมัทให้เหมาะสม เพื่อไม่ไปรบกวนหรือบดบังอวัยวะที่ต้องการตรวจวินิจฉัย แผ่นบิสมัทที่ใช้ไม่ควรมีรอยหักหรือรอยพับ 4 นอกจากการใช้แผ่นบิสมัทมาช่วยกำบังเพื่อลดปริมาณรังสีแกมมาจากการตรวจแล้ว เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์บางรุ่น บางชนิด ยังมีโปรแกรมพิเศษที่ช่วยปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์อัตโนมัติ^{14,15} เพื่อช่วยลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยหรือที่อวัยวะจะได้รับจากการตรวจ ซึ่งแต่ละหน่วยงานสามารถศึกษาเพิ่มเติม เลือกใช้ให้เหมาะสมในการตรวจวินิจฉัย เพื่อช่วยลดความเสี่ยงภัยจากรังสีต่อผู้รับบริการ เท่าที่จะทำได้

กิตติกรรมประกาศ

งานศึกษาครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (เลขที่โครงการ IN62126) ขอขอบคุณบุคลากรและนักศึกษา ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น กลุ่มมาตรฐานการวัดทางนิวเคลียร์และรังสี สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่มีส่วนร่วมในโครงการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Smith-Bindman R, Lipson J, Marcus R, Kim KP, Mahesh M, Gould R, et al. Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer. Arch Intern Med 2009; 169: 2078-86.
2. U.S. Food and Drug Administration. What are the Radiation Risks from CT? [updated 12/05/2017; cited February 25, 2019]. Available from: <https://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/RadiationEmittingProductsandProcedures/MedicalImaging/MedicalX-Rays/ucm115329.htm>.
3. Perisinakis K, Raissaki M, Theocharopoulos N, Damilakis J, Gourtsoyiannis N. Reduction of eye lens radiation dose by orbital bismuth shielding in pediatric patients undergoing CT of the head: a Monte Carlo study. Med Phys 2005; 32: 1024-30.
4. Raissaki M, Perisinakis K, Damilakis J, Gourtsoyiannis N. Eye-lens bismuth shielding in paediatric head CT: artefact evaluation and reduction. Pediatr Radiol 2010; 40: 1748-54.
5. Lim CS, Lee SB, Jin GH. Performance of optically stimulated luminescence Al(2)O(3) dosimeter for low doses of diagnostic energy X-rays. Appl Radiat Isot 2011; 69: 1486-9.
6. Okazaki T, Hayashi H, Takegami K, Okino H, Kimoto N, Maehata I, et al. Fundamental Study of nanoDot OSL Dosimeters for Entrance Skin Dose Measurement in Diagnostic X-ray Examinations. J Radiat Prot Res 2016; 41: 229-36.
7. Zhang D, Li X, Gao Y, Xu XG, Liu B. A method to acquire CT organ dose map using OSL dosimeters and ATOM anthropomorphic phantoms. Med Phys 2013; 40: 081918.
8. Suzuki S, Furui S, Ishitake T, Abe T, Machida H, Takei R, et al. Lens exposure during brain scans using multidetector row CT scanners: methods for estimation of lens dose. AJNR Am J Neuroradiol 2010; 31: 822-6.
9. Nikupaavo U, Kaasalainen T, Reijonen V, Ahonen SM, Kortelainen M. Lens dose in routine head CT: comparison of different optimization methods with anthropomorphic phantoms. AJR Am J Roentgenol 2015; 204: 117-23.
10. Chodick G, Bekiroglu N, Hauptmann M, Alexander BH, Freedman DM, Doody MM, et al. Risk of cataract after exposure to low doses of ionizing radiation: a 20-year prospective cohort study among US radiologic technologists. Am J Epidemiol 2008; 168: 620-31.
11. Bordy JM. Monitoring of eye lens doses in radiation protection. Radioprotection 2015; 50: 177-85.

12. Wang J, Duan X, Christner JA, Leng S, Grant KL, McCollough CH. Bismuth shielding, organ-based tube current modulation, and global reduction of tube current for dose reduction to the eye at head CT. *Radiology* 2012; 262: 191-8.
13. Abuzaid M, Elshami W, Haneef C, Alyafei S. Thyroid shield during brain CT scan: Dose reduction and image quality evaluation. *Imaging Med* 2017; 9: 45-8.
14. Gharbi S, Labidi S, editors. Radiation dose optimization in computed tomography with current modulation and Iterative Reconstruction. 2016 7th International Conference on Sciences of Electronics, Technologies of Information and Telecommunications (SETIT); 2016: 18-20.
15. Greffier J, Pereira F, Macri F, Beregi JP, Larbi A. CT dose reduction using Automatic Exposure Control and iterative reconstruction: A chest paediatric phantoms study. *Physica medica : PM : an international journal devoted to the applications of physics to medicine and biology : official journal of the Italian Association of Biomedical Physics (AIFB)* 2016; 32: 582-9.

