

การประดิษฐ์หมวกกันรังสีจากเสื้อตะกั่วชำรุด

เฉลิมพร เจริญวิกรม จก.บ.

กลุ่มงานรังสีวิทยา สถาบันประสาทวิทยา แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

Abstract: The Invention of the Lead Cap from a Worn-out Lead Apron

Chalermporn Charoenwikrom, B.Sc.

Department of Radiology, Neurological Institute of Thailand, Thung Phaya Thai, Ratchathewi, Bangkok, 10400

(Email: chalerm2292@yahoo.com)

(Received: 20 February, 2022; Revised: 31 August, 2022; Accept: 3 February, 2023)

Background: In the field of radiology, radiation protection equipment, such as a lead apron, is required. When a leak occurs, it becomes unusable and is eventually discarded. A literature review has found that interventional cardiologists who used digital subtraction angiography machines had an increased risk of brain tumors, especially on the left side of the brain. Neurological Institute of Thailand had some worn-out lead aprons; thus, they were reinvented into lead caps to use with the biplane digital subtraction angiography machine. **Objective:** 1) To invent a radiation lead cap from worn-out lead aprons. 2) To prevent radiation at physicians' and medical personnel's heads. 3) To be a role model for those interested in bringing worn-out lead aprons to be reinvented as radiation protection equipment. **Method:** The lead caps were made from worn-out lead aprons, which had a lead equivalent of 0.5 mmPb. The performance test resulted in no radiation leaks. The radiation protection efficacy test was done by attaching a nanoDot optically stimulated luminescence (OSL) dosimeter outside and inside the lead cap. Then, X-rays were simultaneously irradiated to the lead cap via a Biplane digital subtraction angiography machine. **Result:** The measurements of radiation outside the lead cap compared with those inside the lead cap showed that the radiation dose was reduced by more than 94 percent. The Wilcoxon signed ranks test value of the radiation dose outside the lead cap compared to the dose inside the lead cap at all locations had a p-value of 0.001, which was a statistically significant result. **Conclusion:** The invented lead cap can protect against radiation and reduce the risks of brain tumors. Worn-out lead aprons can be reinvented as a radiation-shielding device.

Keywords: Brain tumor, Cardiologist, Radiation dose, Radiation lead cap

บทคัดย่อ

ภูมิหลัง: งานทางด้านรังสีวิทยาจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ป้องกันรังสีเพื่อให้บุคลากรทางการแพทย์ใช้สวมป้องกันรังสีเช่นเสื้อตะกั่ว แต่เมื่อเสื้อตะกั่วเหล่านี้ชำรุดไม่สามารถใช้งานได้ทำให้เกิดปัญหาขยะ จากการสืบค้นบทความวิชาการพบว่าอายุรแพทย์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการขยายหลอดเลือดหัวใจด้วยบอลลูนและขดลวด (interventional cardiologist) ซึ่งใช้เครื่องเอกซเรย์หลอดเลือด (digital subtraction angiography) ในการตรวจรักษามีเปอร์เซ็นต์เกิดเนื้องอกในสมองเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะบริเวณสมองด้านซ้าย สถาบันประสาทวิทยา กลุ่มงานรังสีวิทยา มีเสื้อตะกั่วที่ชำรุดไม่ได้ใช้ จึงนำกลับมาประดิษฐ์เป็นหมวกกันรังสี เพื่อใช้ในงานตรวจวินิจฉัย

หลอดเลือดและงานรังสีร่วมรักษาด้วยเครื่องเอกซเรย์หลอดเลือดสองระนาบ **วัตถุประสงค์:** 1) เพื่อประดิษฐ์หมวกตะกั่วกันรังสี 2) เพื่อป้องกันรังสีบริเวณศีรษะแก่แพทย์ผู้ทำการตรวจและบุคลากรทางการแพทย์ผู้ปฏิบัติงาน 3) เพื่อเป็นต้นแบบให้กับผู้สนใจนำเสื้อตะกั่วที่ไม่ใช้หรือชำรุดมาประดิษฐ์เป็นอุปกรณ์ป้องกันรังสี **วิธีการ:** นำเสื้อตะกั่วที่ไม่ได้ใช้หรือชำรุดที่มีค่าสมมูลตะกั่ว 0.5 มิลลิเมตร ตรวจสอบหาตำแหน่งที่ไม่ชำรุดเพื่อนำมาประดิษฐ์เป็นหมวกกันรังสีตามแบบที่ผู้วิจัยออกแบบไว้และตัดเย็บเป็นหมวก นำหมวกที่ตัดเย็บเสร็จแล้วมาทำการทดสอบไม่มีรอยรั่วของรังสีและทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันรังสี โดยใช้อุปกรณ์จำลองสวมหมวกกันรังสี ติดอุปกรณ์แผ่นวัดปริมาณรังสี (Optically Stimulated

Luminescence; OSL) ชนิด nanoDot ด้านนอกและด้านในของหมวกกันรังสีที่ตำแหน่งเดียวกัน ทำการฉายรังสีเอกซ์พร้อมกันด้วยเครื่องเอกซเรย์หลอดเลือดสองระนาบ **ผล:** เมื่อทำการวัดปริมาณรังสีนอกหมวกเปรียบเทียบกับในหมวกกันรังสี พบว่าสามารถลดทอนรังสีได้มากกว่าร้อยละ 94 และพบว่าปริมาณรังสีนอกหมวกและในหมวกกันรังสีทุกตำแหน่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .001$) **สรุป:** หมวกกันรังสีที่ประดิษฐ์สามารถป้องกันรังสีได้ดี ลดโอกาสที่อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดเนื้องอกในสมอง เลือเต้แก้วที่ไม่ใช้หรือชำรุดสามารถนำกลับมาประดิษฐ์เป็นอุปกรณ์ป้องกันรังสีได้

คำสำคัญ: เนื้องอกในสมอง แพทย์โรคหัวใจ ปริมาณรังสีหมวกตะกั่วกันรังสี

บทนำ

งานรังสีวิทยาจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ป้องกันรังสีเพื่อให้บุคลากรทางการแพทย์ใช้สวมป้องกันรังสี เช่น เลือเต้แก้ว แต่เมื่อเลือเต้แก้วเหล่านี้ชำรุดทำให้เกิดปัญหาขยะ สถาบันประสาทวิทยา กลุ่มงานรังสีวิทยา มีเลือเต้แก้วที่ไม่ได้ใช้สาเหตุจากชำรุดบางส่วน เมื่อนำมาใช้ในการป้องกันรังสีจากการเอกซเรย์ รอยร้าวนั้นจะทำให้รังสีทะลุผ่านไปยังผู้ใช้ทำให้ประสิทธิภาพในการป้องกันรังสีลดลง เลือเต้แก้วเหล่านี้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้¹ จากการสืบค้นบทความวิชาการพบว่าอายุแพทย์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการขยายหลอดเลือดหัวใจด้วยบอลูนและขดลวด (interventional cardiologist) ซึ่งใช้เครื่องเอกซเรย์หลอดเลือด (digital subtraction angiography) ในการตรวจรักษา มีเปอร์เซ็นต์เป็นเนื้องอกในสมองมากกว่าคนทั่วไป^{2,3,4} โดยเฉพาะบริเวณสมองด้านซ้าย^{5,6,7} สถาบันประสาทวิทยามีบริการตรวจรังสีร่วมรักษาด้วยเครื่องเอกซเรย์หลอดเลือดสองระนาบ (biplane digital subtraction angiography) ซึ่งเป็นเครื่องชนิดเดียวกันแต่มีสองระนาบ ในการตรวจรักษาใช้เวลานาน แพทย์ผู้ทำการตรวจรักษาจำเป็นต้องฟลูออโรสโคปี (fluoroscopy) และฉายรังสีบันทึกภาพตลอดการตรวจ ตำแหน่งการยืนใกล้กับแผ่นรับภาพรังสี (detector) ซึ่งตรงกับศีรษะด้านซ้ายของแพทย์ผู้ทำการตรวจและเป็นตำแหน่งที่ได้รับรังสีกระเจิงมากที่สุด^{8,9} ทำให้ศีรษะของแพทย์ผู้ทำการตรวจรักษาได้รับปริมาณรังสีจำนวนมากอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดเนื้องอกสมองได้ ดังนั้นจึงนำเลือเต้แก้วชำรุดมาประดิษฐ์เป็นหมวกกันรังสี เพื่อใช้ในงานตรวจรังสีวินิจฉัยหลอดเลือดด้วยรังสี (angiography) และงานรังสีร่วมรักษา (endovascular interventions) เลือเต้แก้วทั่วไปที่นิยมใช้ป้องกันรังสีทางการแพทย์จะมีค่าสมมูลตะกั่ว 0.5 มิลลิเมตร (lead equivalent 0.5 mmPb) หมวกตะกั่วทั่วไปมีค่าสมมูลตะกั่วหลายค่าให้เลือกใช้เช่น 0.25 มิลลิเมตร, 0.35 มิลลิเมตร และ 0.5 มิลลิเมตร จากการทบทวนบทความวิชาการทางการแพทย์หมวกตะกั่วที่มีค่าสมมูลตะกั่วต่ำลดปริมาณรังสีได้เพียงเล็กน้อย^{4,11}การ

สวมหมวกกันรังสีจะสามารถลดปริมาณรังสีบริเวณศีรษะของแพทย์ผู้ทำการตรวจรักษาและบุคลากรทางการแพทย์ที่ปฏิบัติงาน^{7,8,9,12} จึงต้องการกระตุ้นให้ตระหนักถึงอันตรายจากรังสี เพื่อให้รังสีแพทย์และบุคลากรทางการแพทย์ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีเห็นความสำคัญในการป้องกันตนเองจากรังสีโดยสวมอุปกรณ์ป้องกันรังสีให้กับส่วนต่างๆ ของร่างกาย วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ 1) เพื่อประดิษฐ์หมวกกันรังสี 2) เพื่อป้องกันรังสีบริเวณศีรษะแก่แพทย์ผู้ทำการตรวจและบุคลากรทางการแพทย์ผู้ปฏิบัติงาน 3) เพื่อเป็นต้นแบบให้กับผู้สนใจนำเลือเต้แก้วที่ไม่ใช้หรือชำรุด มาประดิษฐ์เป็นอุปกรณ์ป้องกันรังสี การนำเลือเต้แก้วชำรุดมาประดิษฐ์หมวกกันรังสีสามารถลดค่าใช้จ่ายในการซื้อหมวกตะกั่วที่มีราคาแพง

วัตถุประสงค์และวิธีการ

นำเลือเต้แก้วที่ไม่ได้ใช้หรือชำรุดมาตรวจสอบหาตำแหน่งที่ไม่ชำรุดเพื่อนำมาประดิษฐ์เป็นหมวกกันรังสีตามแบบที่ผู้วิจัยออกแบบไว้และตัดเย็บเป็นหมวกกันรังสี นำหมวกที่ตัดเย็บเสร็จแล้วมาทำการตรวจสอบไม่มีรอยร้าวของรังสีและทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันรังสี โดยทำการทดสอบที่ห้องตรวจหลอดเลือดสมอง สถาบันประสาทวิทยา ด้วยเครื่องเอกซเรย์หลอดเลือดสองระนาบยี่ห้อ Siemens รุ่น Artis Q ประเทศเยอรมนี ใช้อุปกรณ์จำลองสวมหมวกกันรังสีที่ติดแผ่นวัดปริมาณรังสี OSL ชนิด nanoDot ที่ด้านนอกและด้านในของหมวกกันรังสีที่ตำแหน่งเดียวกันตำแหน่งละ 3 อัน โดยเลือกทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันรังสีของหมวกตามลักษณะการทำงานเมื่อเวลาสวมหมวกกันรังสี คือ 1) ตำแหน่ง A ด้านซ้ายของศีรษะ 2) ตำแหน่ง B ด้านหน้าของศีรษะ 3) ตำแหน่ง C ด้านหน้าค่อนไปด้านซ้ายของศีรษะ 4) ตำแหน่ง D ด้านหน้าค่อนไปด้านขวาของศีรษะ ซึ่งทั้ง 4 ตำแหน่งเป็นตำแหน่งที่ได้รับรังสีกระเจิงมากและ 5) ตำแหน่ง E ด้านบนของศีรษะเพื่อทดสอบหมวกที่ประดิษฐ์ขึ้นสามารถป้องกันรังสีได้ทุกด้าน (แสดงดังรูป 1, 2, 3, 4, 5) ทำการฉายรังสีเอกซ์พร้อมกันทั้งสองระนาบโดยหลอดเลือดเออร์เรนนาบ A ใช้ค่าพารามิเตอร์ปริมาณรังสี 81-84 kV 247 mA 28 วินาที และหลอดเลือดเออร์เรนนาบ B ใช้ค่าพารามิเตอร์ปริมาณรังสี 91 kV 357-359 mA 28 วินาที ทำการฉายรังสีจำนวน 3 ครั้งต่อชุดการทดสอบ เปลี่ยนแผ่นวัดปริมาณรังสีทุกตำแหน่ง ทำการทดสอบวัดปริมาณรังสีซ้ำ การทดลองนี้มีการใช้แผ่นวัดปริมาณรังสี control nanoDot วางที่ห้องควบคุมการทำงานของเครื่องเอกซเรย์หลอดเลือดสองระนาบเพื่อเป็นค่าตัวแทนปริมาณรังสีในพื้นที่ปฏิบัติงาน จากนั้นนำแผ่นวัดปริมาณรังสีด้านนอกและด้านในหมวกกันรังสีเข้าเครื่องอ่านปริมาณรังสี MicroStaroovd ของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) เพื่ออ่านค่าปริมาณรังสี และ วิเคราะห์ค่าเปรียบเทียบปริมาณรังสีในทุกตำแหน่งโดยใช้ Wilcoxon signed-ranks test



รูปที่ 1 ตำแหน่ง A



รูปที่ 2 ตำแหน่ง B



รูปที่ 3 ตำแหน่ง C



รูปที่ 4 ตำแหน่ง D



รูปที่ 5 ตำแหน่ง E



รูปที่ 6



รูปที่ 7



รูปที่ 8

รูปที่ 1-5 แสดงการติดแผ่นวัดปริมาณรังสี OSL ชนิด nanoDot ตำแหน่งละ 3 แผ่น ด้านนอกหมวกกันรังสีที่ประดิษฐ์จากเลื่อตะกั่วชั่วคราวที่ตำแหน่ง A-E

รูปที่ 6-7 แสดงการติดแผ่นวัดปริมาณรังสี OSL ชนิด nanoDot ด้านในหมวกกันรังสี และรูปที่ 8 แสดงลักษณะการฉายรังสีเอกซ์จากหลอดเอกซเรย์ทั้งสองระนาบ

ผล

การวัดปริมาณรังสีด้านนอกและด้านในหมวกกันรังสีที่ระดับชั้นที่ตำแหน่ง A B C D และ E อ่านค่าการวัดปริมาณรังสี OSL ชนิด nanoDot แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าปริมาณรังสีที่ทำการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง

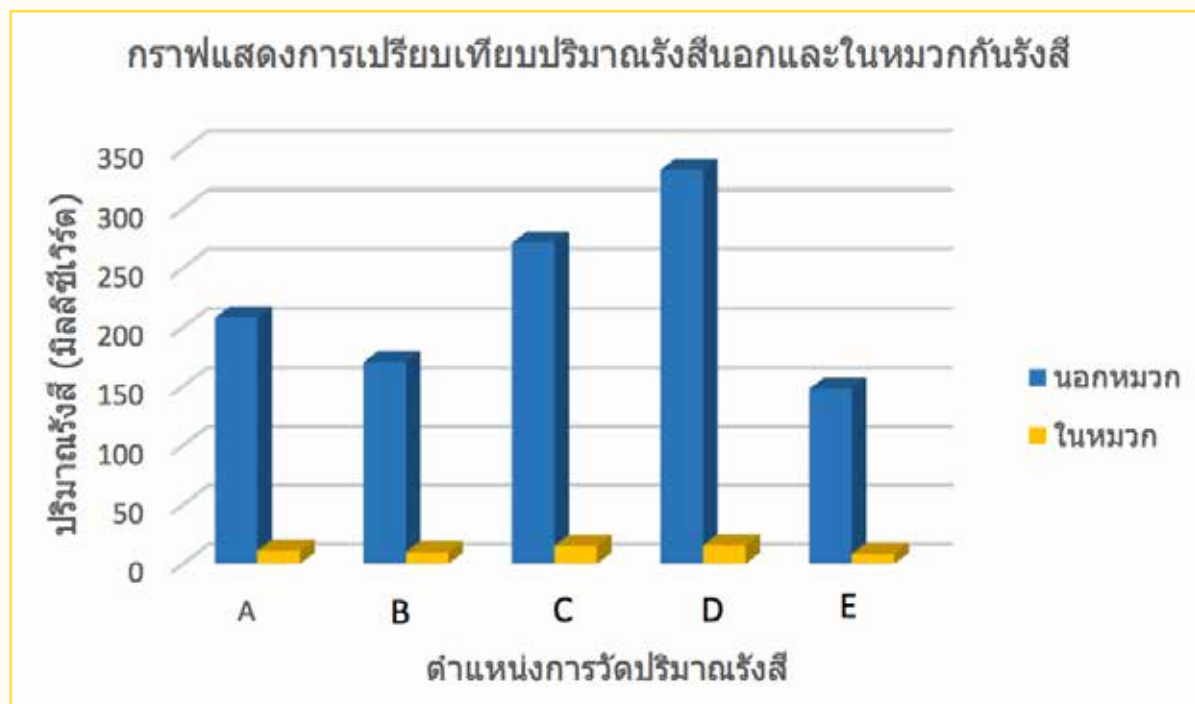
ตำแหน่ง	NanoDot	ปริมาณรังสี (Dose) millisievert		ร้อยละการลดทอนรังสี
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
ตำแหน่ง A นอกหมวก	1	232.279	218.868	94.80
	2	207.425	192.716	
	3	205.451	191.977	
ตำแหน่ง A ในหมวก	1	12.367	9.669	
	2	11.721	10.122	
	3	10.857	10.212	
ตำแหน่ง B นอกหมวก	1	163.238	173.325	94.41
	2	161.835	179.573	
	3	165.213	179.062	
ตำแหน่ง B ในหมวก	1	13.389	6.678	
	2	13.125	6.048	
	3	11.986	5.878	
ตำแหน่ง C นอกหมวก	1	370.393	392.957	94.53
	2	305.459	186.822	
	3	184.235	187.286	
ตำแหน่ง C ในหมวก	1	16.017	15.230	
	2	14.511	14.662	
	3	13.783	14.385	
ตำแหน่ง D นอกหมวก	1	330.716	338.236	95.42
	2	316.042	333.400	
	3	329.229	349.588	
ตำแหน่ง D ในหมวก	1	18.456	16.187	
	2	15.988	13.564	
	3	15.636	11.492	
ตำแหน่ง E นอกหมวก	1	15.957	241.825	94.40
	2	41.191	250.183	
	3	6.954	330.196	

ตารางที่ 1 แสดงค่าปริมาณรังสีที่ทำการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง (ต่อ)

ตำแหน่ง	NanoDot	ปริมาณรังสี (Dose) millisievert		ร้อยละการลดทอนรังสี
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
ตำแหน่ง E ในหมวก	1	23.966	4.609	
	2	4.459	5.079	
	3	7.258	4.271	

จากตารางที่ 1 แสดงผลเปรียบเทียบปริมาณรังสีและคำนวณหาร้อยละการลดทอนรังสี ของหมวกกันรังสีที่ประดิษฐ์ โดยการวัดปริมาณรังสีด้านนอกหมวกเปรียบเทียบกับด้านในหมวกกันรังสี พบว่าทุกตำแหน่ง มีการลดทอนปริมาณรังสีได้มากกว่าร้อยละ 94 (ตำแหน่ง A ลดทอนปริมาณรังสีได้ร้อยละ 94.80 ตำแหน่ง B

ลดทอนปริมาณรังสีได้ร้อยละ 94.41 ตำแหน่ง C ลดทอนปริมาณรังสีได้ร้อยละ 94.53 ตำแหน่ง D ลดทอนปริมาณรังสีได้ร้อยละ 95.42 และตำแหน่ง E ลดทอนปริมาณรังสีได้ร้อยละ 94.40) นำผลการวัดปริมาณรังสีที่วัดได้จากด้านนอกหมวกและด้านในหมวกกันรังสีแสดงได้ดังกราฟที่ 1



กราฟที่ 1 ปริมาณรังสีที่วัดได้นอกหมวกและในหมวกกันรังสี

จากกราฟที่ 1 แสดงให้เห็นถึงปริมาณรังสีด้านนอกหมวกกันรังสีมีค่ามากกว่าปริมาณรังสีด้านในหมวกกันรังสีทุกตำแหน่ง

นำผลวัดปริมาณรังสีด้านนอกและด้านในหมวกกันรังสีทุกตำแหน่งมาวิเคราะห์ทางสถิติ วัดประสิทธิภาพในการป้องกันรังสีของหมวกกันรังสีที่ประดิษฐ์ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ผลทางสถิติ Wilcoxon signed-ranks test

ตำแหน่ง	ปริมาณรังสี Median (IQR)		p*
	ด้านนอก	ด้านใน	
All positions	198.714 (168.575-324.721)	11.018 (9.586-14.586)	.001
A	170.704 (168.282-172.138)	9.586 (8.932-10.034)	-
B	200.070 (198.714-225.574)	10.922 (10.534-11.018)	-
C	334.476 (324.721-339.408)	14.776 (13.564-17.322)	-
D	246.140 (185.760-381.675)	14.586 (14.084-15.624)	-
E	145.687 (128.891-168.575)	5.764 (4.769-14.288)	-

จากตารางที่ 2 วิเคราะห์ทางสถิติ Wilcoxon signed-ranks test ของปริมาณรังสีนอกหมวกกันรังสีเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีในหมวกกันรังสีทุกตำแหน่ง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .001$)

วิจารณ์

จากผลการวิจัยพบว่า หมวกกันรังสีที่ประดิษฐ์ขึ้น สามารถลดทอนรังสีได้โดยเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 94 การวัดปริมาณรังสีด้วยแผ่นวัดรังสี OSL ชนิด nanoDot ในชุดการตรวจเดียวกัน บางชุดมีค่าแตกต่างกันมากสาเหตุอาจเกิดจากแผ่นวัดไม่อยู่ในลำรังสีหรือแผ่นวัดทำมุมเอียงทำให้รังสีตกกระทบน้อย ส่วนตำแหน่ง E การวัดปริมาณรังสีนอกหมวกครั้งที่ 1 วัดปริมาณรังสีได้ค่าน้อยสาเหตุอาจเกิดจากการติดแผ่นวัดรังสีผิดพลาด (เมื่อตัดข้อมูลออกใช้เฉพาะข้อมูลครั้งที่ 2 สามารถลดทอนปริมาณรังสีได้ร้อยละ 98.30) หมวกกันรังสีที่ประดิษฐ์ขึ้นมาจากเสื้อตะกั่วชำรุดค่าสมมูลตะกั่ว 0.5 มิลลิเมตร มีน้ำหนักมากเนื่องจากเป็นเสื้อตะกั่วรุ่นเก่า ปัจจุบันมีการพัฒนาที่ค่าสมมูลตะกั่วเท่ากันทำให้มีน้ำหนักเบาขึ้น ผู้วิจัยต้องการออกแบบหมวกกันรังสีเพื่อป้องกันรังสีให้ครอบคลุมรอบศีรษะ แม้มีช่องด้านหลังเพื่อสามารถระบายความร้อน การสวมใส่เป็นเวลานานอาจไม่สะดวกสบาย แต่เมื่อเทียบกับอันตรายจากรังสี การสวมหมวกกันรังสีสามารถป้องกันรังสีได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นเสื้อตะกั่วชำรุดมีประโยชน์สามารถนำมาประดิษฐ์เป็นอุปกรณ์ป้องกันรังสีให้กับส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้ หมวกกันรังสีสามารถนำมาใช้ป้องกันรังสีในงานตรวจรังสีร่วมรักษาที่ใช้ระยะเวลาตรวจนาน ผู้ปฏิบัติงานด้านรังสีควรตระหนักถึงความปลอดภัยและความสำคัญในการป้องกันอันตรายจากรังสีจึงจำเป็นต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันรังสีส่วนบุคคลเช่น เสื้อตะกั่ว ปลอกคอตะกั่ว หมวกกันรังสี แว่นตากันรังสี เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายจากรังสีต่อร่างกายให้มากที่สุด ราคาหมวกกันรังสีที่จำหน่ายราคาประมาณ 3,500 บาท ส่วนหมวกกันรังสีที่ประดิษฐ์ขึ้นใช้ทุนประมาณ 500 บาท ข้อเสนอแนะ ควรศึกษาการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้หมวกกันรังสีที่ประดิษฐ์ขึ้น เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาต่อไป

ข้อจำกัด

1. เครื่องเอกซเรย์หลอดเลือดสองระนาบ ยี่ห้อ Siemens รุ่น Artis Q เมื่อใช้เครื่องทดสอบวัดปริมาณรังสีกระเจิงไม่สามารถอ่านค่าได้ เนื่องจากปริมาณรังสีกระเจิงมีค่าน้อยมาก ในการวิจัยนี้จึงทำการฉายรังสีที่หมวกตะกั่วโดยตรงเพื่อต้องการวัดประสิทธิภาพการป้องกันรังสีของหมวก
2. การทดสอบวัดปริมาณรังสีที่ตำแหน่ง A B และ C D E ทำการทดสอบแยกจากกันเนื่องจากแผ่นวัดปริมาณรังสีมีจำนวนจำกัด

สรุป

หมวกกันรังสีที่ประดิษฐ์จากเสื้อตะกั่วชำรุด เมื่อวัดปริมาณรังสีด้านนอกหมวกกันรังสีเปรียบเทียบกับด้านในหมวกกันรังสีสามารถลดทอนปริมาณรังสีได้มากกว่าร้อยละ 94 ทำให้การป้องกันอันตรายจากรังสีส่วนบุคคลสมบูรณ์ขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) น.ส.นิชิตา รุ่งปิ่น นักวิทยาศาสตร์นิวเคลียร์และคณะที่ช่วยอนุเคราะห์การวัดปริมาณรังสี และศูนย์วิจัยสถาบันประสาทวิทยา ที่ช่วยวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและอำนวยความสะดวกทำให้การศึกษานี้สำเร็จลงด้วยดี

References

1. Meemag W. Invention of radiation protection equipment in the department of radiology. *Nakhon Ratch Med Bull* 2006; 30:581-6.
2. Finkelstein MM. Is brain cancer an occupational disease of cardiologists? *Can J Cardiol* 1998; 14:1385-8.
3. Barker DG. How significant are the risks from occupational exposure to ionizing radiation?. *Appl Radiol* 1989; 18:19-21.
4. Kirkwood ML, Arbique GM, Guild JB, Zeng K, Xi Y, Rectenwald J, et al. Radiation brain dose to vascular surgeons during fluoroscopically guided interventions is not effectively reduced by wearing lead equivalent surgical caps. *J Vasc Surg* 2018; 68:567-71.
5. Roguin A, Goldstien J, Bar O. Brain tumors among interventional cardiologist: a cause for alarm? Report of four new cases from two cities and review of the literature. *EuroIntervention* 2012; 7:1081-6.
6. Roguin A, Goldstein J, Bar O, Goldstein JA. Brain and neck tumors among physicians performing interventional procedures. *Am J Cardiol* 2013; 111:1368-72.
7. Mayr NP, Wiesner G, Kretschmer A, Bronner J, Hoedlmoser H, Husser O, et al. Assessment the level of radiation experienced by anesthesiologists during transfemoral Transcatheter Aortic Valve Implantation and protection by a lead cap. *PLoS One*. 2019; 14.
8. Kuon E, Birkel J, Schmitt M, Dahm JB. Radiation exposure benefit of a lead cap in invasive cardiology. *Heart* 2003; 89:1205-10.
9. Alazzoni A, Gordon CL, Syed J, Natarajan MK, Rokoss M, Schwalm JD, et al. Randomized controlled trial of radiation protection with a patient lead shield and a novel, nonlead surgical cap for operators performing coronary angiography or intervention. *Circ Cardiovasc Interv* 2015; 8.
10. Poosiri S, Thongseenuch S, Saisom S, Chanmanee N. The invention of natural rubber mixed with high loading bismuth for radiation protection in diagnostic radiology. *Thai J Rad Tech* 2019; 448-14.
11. Reeves RR, Ang L, Bahadorani J, Naghi J, Dominguez A, Palakodeti V, et al. Invasive cardiologists are exposed to greater left sided cranial radiation: The brain study (Brain radiation exposure and attenuation during invasive cardiology procedures). *JACC Cardiovasc Interv* 2015; 8:1197-1206.