**นิพนธ์ต้นฉบับ**

# การสร้างอุปกรณ์ดูดปล่อยสารเภสัชรังสีอัตโนมัติที่มีกำบังรังสี

**สมสกุล ธรรมวิจิตร* วินิจ ช้อยประเสริฐ***

**บทคัดย่อ**

ในการเตรียมสารเภสัชรังสีนั้น มือของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์เป็นอวัยวะที่ได้รับปริมาณรังสีมากกว่าอวัยวะอื่น ดังนั้นเพื่อลดปริมาณรังสีที่ปนเปื้อนมือของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงาน จึงออกแบบและผลิตอุปกรณ์ดูดปล่อยสารเภสัชรังสีอัตโนมัติที่มีกำบังรังสีสำหรับเตรียมสารเภสัชรังสี โดยทำการศึกษา รวบรวมข้อมูล ออกแบบ และสร้างอุปกรณ์ อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นนี้ประกอบด้วย ส่วนขาตั้งอุปกรณ์ ส่วนรางชุดอุปกรณ์ ส่วนตัวชุดอุปกรณ์ที่ใช้จับกระบอกฉีดยาพร้อมที่กำบังรังสีที่ทำจากตะกั่ว และส่วนควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่เป็นระบบไฟฟ้าและควบคุมการทำงานด้วยรีโมทคอนโทรล อุปกรณ์นี้ใช้สำหรับกระบอกฉีดยาปริมาตร 3-10 มิลลิลิตร และมีน้ำหนักสุทธิ 8 กิโลกรัม จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ ประเมินความพึงพอใจในการใช้งานอุปกรณ์โดยผู้ปฏิบัติงานด้านรังสี และทดสอบปริมาณรังสีทะลุทะลวงจากอุปกรณ์ พบว่าอุปกรณ์นี้สามารถนำไปใช้จับกระบอกฉีดยาเพื่อดูดปล่อยสารเภสัชรังสีในการเตรียมสารเภสัชรังสีได้จริง ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานของอุปกรณ์อยู่ในระดับดี และจากการวัดปริมาณรังสีทะลุทะลวงจากอุปกรณ์ที่ระยะ 10 , 30 และ 50 เซนติเมตรด้วย Survey meter พบว่าได้ค่า 0.30-0.98,0.02-0.39 และ 0.02-0.27 mSv/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินปริมาณรังสีที่ยอมรับได้ (dose limited) ของมือที่กำหนดโดย ICRP คือ 2 mSv/วัน ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า การสร้างอุปกรณ์ดูดปล่อยสารเภสัชรังสีอัตโนมัติที่มีกำบังรังสีครั้งนี้ ประสบความสำเร็จด้วยความพึงพอใจ **วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2552; 42: 251-257.**

**คำหัส** สารเภสัชรังสี, กระบอกฉีดยา, กำบังรังสี

*ภาควิชารังสีเทคนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่

# Abstract: Implementation of automated radiopharmaceutical dispenser with integrated radiation shielding

**Somsakul Thumvijit* , Winit Choiprasert***

During the preparation of radiopharmaceutical, nuclear medicine staff receive radiation doses to hands much higher than the other parts of the body. In order to reduce radiation exposure, an automated radiopharmaceutical dispenser was designed and constructed for radiopharmaceutical preparation. The methods of this study included collecting the data, designing and construction of the device. The device comprises of; stand supporting the device, groove part of the device, body part of syringe dispenser with integrated lead for radiation shielding and remotely electrical control part. This device can be used for 3–10 mL syringes with net weigh of 8 kg. The complacency of operations of the device was evaluated and the radiation doses were measured by radiation technicians. It was found that this automated radiopharmaceutical dispenser can be used for radiopharmaceutical preparation with the technicians's complacency at good level. The radiation dose rate measured by a survey meter at distance of 10, 30 and 50 cm from the device were 0.30-0.98, 0.02-0.39 and 0.02-0.27 mSv/day respectively, which did not exceed 2 mSv/day effective dose limit of ICRP. It can be concluded that this innovation of an automated radiopharmaceutical dispenser has been successfully constructed. **Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2009; 42: 251-257.**

**Keyword:** radiopharmaceutical, shielding, syringe

* Department of Radiologic Technology, Faculty of Associated Medical Sciences ,Chiang Mai University,

## บทนำ

การตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์เป็นการตรวจโดยให้สารกัมมันตรังสีกับผู้ป่วยในรูปของสารเภสัชรังสีและนำไปสร้างภาพเพื่อวินิจฉัยโรค เจ้าหน้าที่ทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์จึงต้องเป็นผู้เตรียมสารเภสัชรังสีเพื่อฉีดให้แก่ผู้ป่วย ในขั้นตอนการเตรียมสารเภสัชรังสีนั้นเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานมีโอกาสได้รับปริมาณรังสีจากกระบอกฉีดยา โดยเฉพาะมือเป็นอวัยวะที่ได้รับรังสีมากกว่าอวัยวะอื่น[1] เพราะเป็นอวัยวะที่สัมผัสกับกระบอกฉีดยาโดยตรง มีรายงานว่าเจ้าหน้าที่เตรียมสารเภสัชรังสี $^{99m}$Tc (Technetium-99m) ได้รับปริมาณรังสีที่มือ 83 ±11 mSV/ปี หรือ 0.18 mSv/ GBq ของ $^{99m}$Tc[2] มีแนวทางที่สามารถลดปริมาณรังสีที่มือของผู้ปฏิบัติงานโดยการใช้กระบอกฉีดยาที่หุ้มด้วยตะกั่ว (Syringe shield) ซึ่งสามารถลดปริมาณรังสีได้บางส่วน อย่างไรก็ตามมือของผู้ปฏิบัติงานยังคงได้รับปริมาณรังสี นอกจากการใช้ Syringe shield ยังมีการใช้ถุงมือตะกั่วที่มีคุณสมบัติลดทอนรังสี[3] แต่การใช้ ถุงมือตะกั่วมีข้อจำกัดคือความหนาและหนัก ทำให้ไม่สะดวกในการหยิบจับอุปกรณ์ต่างๆ ขณะปฏิบัติงาน ทำให้ผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่ไม่สวมถุงมือตะกั่ว ในขณะเตรียมสารเภสัชรังสี และบางหน่วยงานมีการใช้ automate syringe dispenser[4]

เพิ่มระยะทางระหว่างมือของผู้ปฏิบัติงานกับแหล่งกำเนิดรังสีให้ห่างกันมากที่สุด เพื่อลดปริมาณรังสี แต่เนื่องจากยังไม่สามารถผลิตใช้ในประเทศ การสั่งซื้อจากต่างประเทศมีราคาสูง อีกทั้งที่มีจำหน่ายยังไม่มีอุปกรณ์ป้องกันรังสี (shielding) ที่แผ่ออกมาจากสารเภสัชรังสีในขณะที่ดูดเข้าในกระบอกฉีดยา

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดสร้างอุปกรณ์ดูด ปล่อยสารเภสัชรังสีอัตโนมัติพร้อมกำบังรังสี เพื่อใช้ในการดูดสารเภสัชรังสีเข้าในกระบอกฉีดยา เพื่อไม่ให้มือของผู้ปฏิบัติงานสัมผัสกับกระบอกฉีดยาโดยตรง อีกทั้งป้องกันรังสีทะลุทะลวงจากกระบอกฉีดยา เพื่อลดปริมาณรังสีให้แก่เจ้าหน้าที่ให้มากที่สุด และลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อจากต่างประเทศ

**วัตถุประสงค์**

ผลิตอุปกรณ์ดูดปล่อยสารเภสัชรังสีอัตโนมัติพร้อมกำบังรังสี สำหรับใช้ในการเตรียมสารเภสัชรังสี ขั้นตอนการดูดสารเภสัชรังสีจากหลอด เข้าในกระบอกฉีดยา เพื่อไม่ให้มือของผู้ปฏิบัติงาน สัมผัสกับกระบอกฉีดยาที่มีสารเภสัชรังสีอยู่โดยตรง

**วิธีการศึกษา**

1. เก็บข้อมูลสำหรับการออกแบบอุปกรณ์ดูดปล่อยสารเภสัชรังสีอัตโนมัติ

2. ออกแบบอุปกรณ์ โดยให้สามารถจับกระบอกฉีดยาเพื่อใช้ในขั้นตอนการดูดสารเภสัชรังสีจากหลอดเข้าในกระบอกฉีดยา ควบคุมการทำงานโดยใช้ระบบวงจรไฟฟ้า เพื่อไม่ให้มือของผู้ปฏิบัติงานต้องสัมผัสกับกระบอกฉีดยาที่มีสารเภสัชรังสีโดยตรง พร้อมมีที่กำบังรังสี โดยแบ่งการออกแบบเป็น แต่ละส่วนได้ดังนี้

2.1 ส่วนขาตั้งพร้อมแผ่นเหล็กรองชุดอุปกรณ์

2.2 ส่วนตัวชุดอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการจับกระบอกฉีดยาเพื่อใช้ในการดูดสารเภสัชรังสีจากหลอด โดยออกแบบให้สามารถใช้กับกระบอกฉีดยาขนาด 3-10 mL

2.3 ส่วนกำบังรังสีจากกระบอกฉีดยาที่ทำจากตะกั่ว (Syringe shield) โดยคำนวณความหนาของตะกั่วที่ใช้กำบังรังสีจากสารกัมมันตรังสี $^{99m}$Tc ที่มีความแรงรังสี 20 mCi (เป็นความแรงรังสีเฉลี่ยที่ใช้ในการตรวจ) ได้ตะกั่วหนาประมาณ 3 มม.

2.4 ส่วนควบคุมชุดอุปกรณ์ที่ควบคุมโดยวงจรไฟฟ้าพร้อมสวิทช์ปิด/เปิด เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน

3. สร้างอุปกรณ์ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยแบ่งเป็นแต่ละส่วนดังนี้

3.1 ส่วนขาตั้งของอุปกรณ์ มีตัวปรับระดับความสูงได้ตั้งแต่ 6-14 ซม.พร้อมแผ่นเหล็กรองชุดอุปกรณ์ โดยตัดแผ่นเหล็กให้มีขนาดความกว้าง 10 ซม. ยาว 19 ซม. แล้วเชื่อมติดกับบริเวณด้านบนของขาตั้งอุปกรณ์ชนิดปรับระดับได้

3.2 ส่วนตัวชุดอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จับกระบอกฉีดยา โดยสร้างรางชุดอุปกรณ์ให้มีขนาด 4.0x36.6 ซม.$^2$ และตัดอลูมิเนียมแผ่นเรียบขนาด 7.7x35 ซม.$^2$ เจาะกลางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 4.6x22 ซม.$^2$ แล้วนำมาสอดตรงกลางร่องระหว่างรางอลูมิเนียม เพื่อทำเป็นฐานสำหรับรองอุปกรณ์จับกระบอกฉีดยาในการเลื่อนขึ้นลง กลึงแท่งเหล็กให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 2x1.5 ซม$^2$ จำนวน 2 ชิ้น เจาะรูและทำเกลียว จากนั้นประกอบเข้ากับแกนเฟืองเกลียวตลอด วางไว้ทางด้านซ้ายและขวาของรางอลูมิเนียม จากนั้นนำชุดเฟืองเกียร์ยึดติดกับอุปกรณ์ เพื่อใช้สำหรับการเลื่อนขึ้นลง

3.3 ส่วนกำบังรังสีที่ทำจากตะกั่ว (Syringe shield) โดยหลอมกระบอกตะกั่วและกลึงให้มีความหนา 3 ม.ม. นำส่วนที่เป็นกระจกตะกั่วยึดส่วนที่เป็นกระบอกตะกั่วสำหรับมองส่วนที่เป็นสเกลของกระบอกฉีดยา จากนั้นชุบโครเมียม เพื่อความสวยงาม

3.4 ส่วนควบคุมชุดอุปกรณ์จับกระบอกฉีดยา นำแผงวงจรไฟฟ้า และ adapter ปรับโวลต์ บรรจุลงภายในกล่องพลาสติก ติดกล่องฟิวส์เข้าไป จากนั้นเลื่อยบริเวณข้างกล่องฟิวส์เป็นรูปสี่เหลี่ยม ขนาดเท่ากับสวิทช์ปิดเปิดอุปกรณ์ และติดสวิทช์ปิดเปิด

3.5 ประกอบอุปกรณ์ทุกส่วนเข้าด้วยกัน ยึดส่วนตัวชุดอุปกรณ์เข้ากับส่วนขาตั้ง (รูป 1) และยึดชุดควบคุมอุปกรณ์ เข้ากับด้านข้างของอุปกรณ์

**รูปที่ 1 การนำอุปกรณ์ทั้งหมดมาติดกับส่วนขาตั้ง**

**4. ทดสอบอุปกรณ์**

4.1 ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ในการจับกระบอกฉีดยา และการดูดสารเภสัชรังสีจากหลอดเข้าในกระบอกฉีดยา

4.2 ทดสอบการป้องกันรังสีจากกระบอกฉีดยา กับ $^{99m}$Tc 20 mCi โดยดูด $^{99m}$Tc เข้าในกระบอกฉีดยา และใช้ survey meter วัดปริมาณรังสีทะลุทะลวงที่ระยะ 10, 30 และ 50 เซนติเมตรจากบริเวณกลางของกระบอกตะกั่ว และกระจกตะกั่ว นำผลที่ได้เปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่ยอมรับได้ **ของมือ**ที่กำหนดโดย The International Commission on Radiological Protection (ICRP) และหาปริมาณการลดทอนรังสีจากอุปกรณ์ โดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การลดทอนรังสี} = 100 - \left[ \frac{\text{ปริมาณรังสีขณะมีเครื่องกำบังรังสี} \times 100}{\text{ปริมาณรังสีขณะไม่มีเครื่องกำบังรังสี}} \right]$$

4.3 ประเมินผลการใช้อุปกรณ์จากแบบประเมินผลความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงาน โดยมีรายละเอียดตามหัวข้อดังต่อไปนี้

- ขนาดและน้ำหนักเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน
- อุปกรณ์สามารถช่วยจับกระบอกฉีดยาในการดูดสารเภสัชรังสีได้สะดวก
- อุปกรณ์มีรูปแบบเหมาะสมต่อการใช้งาน
- อุปกรณ์มีความมั่นคง แข็งแรงในการใช้งาน

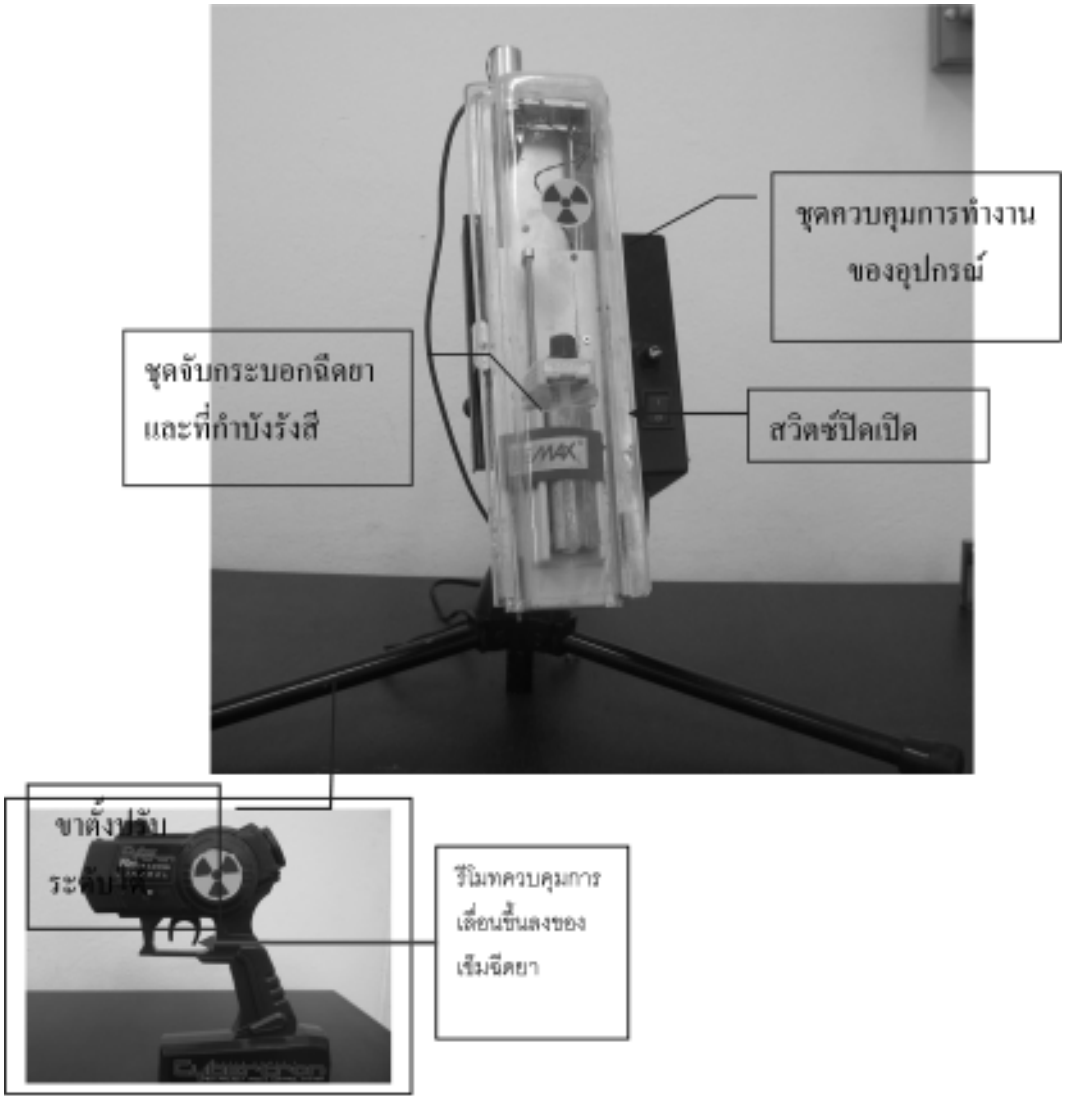
โดยกำหนดระดับการประเมิน ดังนี้ ดีมาก (4 คะแนน) ดี (3 คะแนน) ปานกลาง (2 คะแนน) พอใช้ (1 คะแนน) ควรปรับปรุง (0 คะแนน)

**ผลการศึกษา**

อุปกรณ์ที่สร้างเสร็จแล้ว ประกอบด้วยส่วนต่างๆ (รูปที่ 2) คือ ขาตั้งชนิดปรับระดับได้ตั้งแต่ 6–14 ซม. ชุดอุปกรณ์จับกระบอกฉีดยาที่ใช้สำหรับกระบอกฉีดยาขนาด 3-10 mL ที่มีส่วนกำบังรังสีจากกระบอกฉีดยาทำจากตะกั่ว (syringe shield) และรีโมทควบคุมการทำงานของอุปกรณ์

จากการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ที่สร้างเสร็จแล้ว พบว่าสามารถจับกระบอกฉีดยาได้โดยไม่ใช้มือ ขาตั้งชุดอุปกรณ์มีความมั่นคงแข็งแรง สามารถทรงตัวอยู่ได้ในขณะปฏิบัติงาน สามารถควบคุมการทำงานชุดอุปกรณ์จับกระบอกฉีดในการเลื่อนขึ้นหรือลง ดูดสารเภสัชรังสีและถอนเข็มฉีดยาออกจากหลอดได้ (รูปที่ 3)

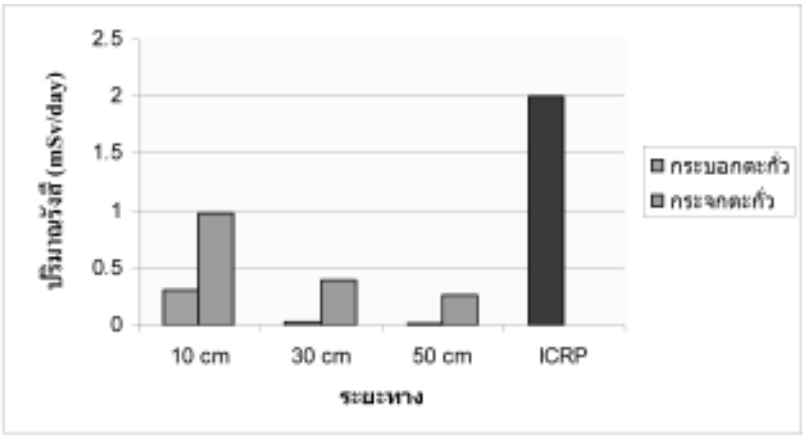
เมื่อทดสอบการกำบังรังสีของหลอดฉีดยาที่มี $^{99m}$Tc 20 mCi และเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่มือของบุคลากรมีโอกาสได้รับเมื่อใช้อุปกรณ์กับ dose limited ของมือที่กำหนดโดย ICRP พบว่าอุปกรณ์ส่วนที่เป็นกระบอกตะกั่ว สามารถดูดกลืนรังสีเฉลี่ยได้ 92.55, 90.92, 92.55% สำหรับบริเวณกระจก ตะกั่ว สามารถดูดกลืนรังสีได้ 87.28, 86.19, 89.84% ที่ระยะ 10, 30 และ 50 เซนติเมตร ตามลำดับ (รูปที่ 4)




**รูปที่ 2 โครงสร้างด้านหน้าของอุปกรณ์**

**รูปที่ 3 การดูดสารจาก vial เข้าไปในกระบอกฉีดยาโดยใช้อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น**

การทดสอบความพึงพอใจในการใช้งาน โดยผู้ปฏิบัติงานด้านรังสี จำนวน 9 คน หญิง 6 คน ชาย 3 คน อายุการทำงานเฉลี่ย 17.75 ปี พบว่าอยู่ในระดับดี ดังแสดงในตารางที่ 1




หมายเหตุ ปริมาณรังสีเมื่อไม่ใช้อุปกรณ์มากกว่า 8 mSv/day ที่ระยะ 10 ซม.

**รูปที่ 4 ปริมาณรังสีที่มือของบุคลากรได้รับจาก $^{99m}$Tc 20 mCi เมื่อใช้อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น เปรียบเทียบกับ dose limited ของมือที่กำหนดโดย ICRP**

**ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้อุปกรณ์ของผู้ทำการทดสอบ**

| หัวข้อการประเมิน | คะแนนเฉลี่ย | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
|---|---|---|
| ขนาดและน้ำหนักเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน | 3.22 | 0.21 |
| อุปกรณ์สามารถช่วยจับกระบอกฉีดยาในการดูดสารเภสัชรังสีได้สะดวก | 3.22 | 0.21 |
| อุปกรณ์มีรูปแบบที่เหมาะสมต่อการใช้งาน | 3.44 | 0.24 |
| อุปกรณ์มีความมั่นคง แข็งแรง ในการนำไปใช้งาน | 3.11 | 0.19 |

**วิจารณ์ผลการศึกษา**

อุปกรณ์จับกระบอกฉีดยาที่สร้างขึ้นเพื่อใช้จับกระบอกฉีดยาในการดูดและปล่อยสารเภสัชรังสี ควบคุมการทำงานโดยใช้รีโมทคอนโทรล ทำให้ลดปริมาณรังสีที่มือของผู้ปฏิบัติงาน เนื่องจากไม่ต้องสัมผัสกับสารเภสัชรังสีโดยตรง

อุปกรณ์นี้สามารถควบคุมให้กระบอกฉีดยาดูดและปล่อยสารเภสัชรังสีได้ แต่การใช้อุปกรณ์นี้ยังมีข้อจำกัดคือยังต้องใช้คีมคีบจับหลอด เพื่อช่วยในการดูดสารเภสัชรังสี จึงอาจทำให้มือยังอยู่ใกล้กับสารเภสัชรังสี แม้ไม่ต้องสัมผัสกับสารเภสัชรังสีโดยตรง นอกจากนี้อุปกรณ์ยังไม่สามารถกำหนดปริมาตรในการดูดสารเภสัชรังสีได้โดยใช้เครื่องควบคุมแบบอัตโนมัติที่กำหนดปริมาตรได้ แต่ควบคุมโดยการใช้รีโมตคอนโทรลควบคุมการเคลื่อนขึ้นลงของกระบอกฉีดยาและดูปริมาตรจากสเกลของกระบอกฉีดยาซึ่งอาจทำให้ใช้เวลานานขึ้น และยุ่งยากในการใช้งานอยู่บ้าง จึงควรมีการพัฒนาอุปกรณ์นี้ให้สามารถควบคุมปริมาตรได้โดยใช้เครื่องควบคุมอัตโนมัติ

จากการทดสอบการกำบังรังสีจาก $^{99m}$Tc ที่เป็นสารกัมมันตรังสีใช้มากที่สุดในการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ พบว่าปริมาณรังสีที่ทะลุทะลวงออกมามีค่าต่ำกว่า Dose limited ของมือที่กำหนดโดย ICRP คือ 500 mSv/ปี หรือ 2 mSv/วัน และพบว่ายิ่งเพิ่มระยะทางจากอุปกรณ์ปริมาณรังสีที่ได้รับยิ่งลดลง ดังนั้นในการปฏิบัติงานควรให้มืออยู่ห่างจากต้นกำเนิดรังสีให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ผลจากการปฏิบัติงานโดยใช้อุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นนี้ พบว่า มือจะอยู่ห่างจากกระบอกฉีดยาที่มีสารเภสัชรังสีอย่างน้อย 10 เซนติเมตร และพบว่าปริมาณรังสีที่มีโอกาสได้รับต่ำกว่า dose limited แต่การทดสอบนี้ไม่ได้เปรียบเทียบกับ Dose limited ของร่างกาย เพราะว่าในการปฏิบัติงานจริงร่างกายของผู้ปฏิบัติงานอยู่หลังฉากตะกั่วที่ใช้กำบังรังสีในขณะที่เตรียมสารเภสัชรังสีอยู่แล้ว มีเพียงมือที่สัมผัสกับกระบอกฉีดยาที่มีสารเภสัชรังสีโดยตรง

**สรุปผลการศึกษา**

อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น สามารถใช้จับกระบอกฉีดยาในการดูดและปล่อยสารเภสัชรังสี มีระดับความสูงที่สามารถปรับระดับให้เหมาะสมแก่การปฏิบัติงานได้สะดวก และสามารถพับเก็บได้ไม่เปลืองพื้นที่ในห้องปฏิบัติงาน วัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นเหล็ก อลูมิเนียมและอุปกรณ์ไฟฟ้า น้ำหนักสุทธิ 8 กิโลกรัม ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ด้วยระบบไฟฟ้าและปริมาณรังสีที่มือของบุคลากรได้รับเมื่อใช้อุปกรณ์นี้มีค่าต่ำกว่าปริมาณรังสีที่กำหนดโดย ICRP

สรุปได้ว่า อุปกรณ์ดูดปล่อยสารเภสัชรังสีอัตโนมัติที่มีกำบังรังสีนี้สามารถนำไปใช้ในการเตรียมสารเภสัชรังสี และลดปริมาณรังสีที่มือของเจ้าหน้าที่ขณะเตรียมสารเภสัชรังสีได้จริง

**กิตติกรรมประกาศ**

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ของคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

**เอกสารอ้างอิง**

1. Jansen SE, Aswegen AL, Lotter MG, et.al. Staff radiation dose during eight years in nuclear medicine radiopharmacy. Nucl Med. Comun. 1994; 15: 114-8.
2. Dhanse CJ, Martin TE, Hilditch TE and Ellioh AT. A study of dose to the hand during dispensing of radiopharmaceuticals. Nucl Med Commun. 2000; 21: 511-9.
3. Wagner LK, Malbern OR. Radiation attenuating surgical gloves: effect of scatter and secondary electron production. Radiology. 1996; 200: 45-8.
4. Mongomery A, Anntee DE, Martin CI, et. al. Reduction in finger dose for radiopharmaceutical dispensing affected by a syringe shield and automatic dose dispenser. Nucl. Med. Comun. 1999; 20: 189-94.