

ประสิทธิผลของหุ่นยนต์เตรียมยาเคมีบำบัด ด้านความถูกต้องและแม่นยำ และเวลาที่ใช้ในการทำงานสำหรับยาต้านมะเร็งชนิดฉีดในผู้ป่วยโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี

อารยา ลักณาวรรณกุล ภ.บ., ฐิติกานต์ ศิริภากรกาญจน์ ภ.บ., ธรรส ตุงคะสมิต พ.บ.
โรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี ตำบลหนองโไฟ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41330

Effectiveness of the Chemotherapy Drug Preparation Robot Accuracy and Precision and Working Time for Injectable Anticancer Drugs in Udon Thani Cancer Hospital Patients

Araya Lukanawonakul, M.Sc. in Pharm, Thitikan Siripakornkan, M.Sc. in Pharm, Tharatorn Tungkasamit, M.D.
Udon Thani Cancer Hospital, Nong Phai, Mueang, Udon Thani, 41330, Thailand
(Email: oroyo555@yahoo.com)
(Received: 23 March, 2023; Revised: 7 July, 2023; Accepted: 1 November, 2023)

Abstract

Background: The demand for chemotherapy in the treatment of cancer is on the rise, placing a significant burden on medical personnel responsible for drug preparation and mixing. Udon Thani Cancer Hospital has initiated the use of chemotherapy-compounding robots to replace the work of staff in chemotherapy preparation rooms, as well as to be safer for operators. **Objective:** This study aimed to assess the efficiency of the chemotherapy drug preparation robot for injectable anticancer drugs regarding the accuracy and time used for drug preparation. **Method:** A retrospective study of parallel data collection and ordered dose of chemotherapy through the robot was conducted to evaluate the accuracy of the required chemotherapy dose by weighing the vial before and after aspiration. Then, an analysis of the difference between the amount of drug required and the amount of drug was done and reported as a percentage. Additionally, drug preparation time, from the robot's initiation of checking drug size and type to the completion of mixing, was recorded. **Result:** From collected 1,221 drug preparations from 1 March 2022 to 30 September 2022, the median percentage error of drug preparation was 0.0 (min = -2.69, max = 4.06). The total preparation time, counted from checking the dosage and type of drugs ordered until mixing completion, was 15.1 ± 6.9 minutes. The result was independent of the required drug volume, and the size of the syringe used. Furthermore, the result had no difference from when the drug was mixed by a medical professional. **Conclusion:** The chemotherapy-compounding robot can be used accurately and timely. It can replace operations by personnel to reduce exposure to chemotherapy drugs.

Keywords: Chemotherapy-compounding robot, Chemotherapy, Robot

บทคัดย่อ

ภูมิหลัง: เคมีบำบัดในปัจจุบันมีความต้องการใช้เพื่อรักษา มะเร็งมากขึ้น เกิดภาระงานต่อบุคลากรทางการแพทย์ในการเตรียม ผสมยาและเสี่ยงต่อการปนเปื้อนเคมีบำบัดสูง โรงพยาบาลมะเร็ง อุดรธานีได้ริเริ่มการใช้หุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดเพื่อทดแทนการ ทำงานของบุคลากรรวมทั้งความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานมากขึ้น **วัตถุประสงค์:** ศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานหุ่นยนต์เตรียมยา

เคมีบำบัดสำหรับยาต้านมะเร็งชนิดฉีดด้านความถูกต้องแม่นยำ ในการจัดเตรียมยา รวมทั้งระยะเวลาในการเตรียมยา **วิธีการ:** การศึกษาข้อมูลย้อนหลังโดยเก็บข้อมูลขนาดและขนาดยาเคมีบำบัด ที่มีคำสั่งใช้ยาเคมีบำบัดด้วยหุ่นยนต์ หาค่าความถูกต้องของปริมาณ ยาเคมีบำบัดที่ต้องการโดยชั่งน้ำหนักขวดยาเคมีบำบัดก่อนและ หลังดูดยา วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างปริมาณยาที่ดูดยาได้กับ ปริมาณยาที่ต้องการรายงานผลในรูปแบบร้อยละ เก็บข้อมูลระยะ

เวลาในการเตรียมยาเริ่มตั้งแต่หุ่นยนต์เริ่มเช็คขนาดและชนิดของยาเคมีที่ได้รับจนกระทั่งผสมยาเสร็จ **ผล:** จากการเก็บข้อมูลการเตรียมยาเคมีบำบัดด้วยหุ่นยนต์ ตั้งแต่ 1 มีนาคม 2565 ถึง 30 กันยายน 2565 มีการเตรียมยาทั้งสิ้น 1,221 ขนาน พบค่ามัธยฐานร้อยละความคลาดเคลื่อนของการเตรียมยาเท่ากับ 0.0 (ค่าต่ำสุด = 2.69, ค่าสูงสุด = 4.06) เวลาเฉลี่ยเริ่มตั้งแต่เช็คขนาดและชนิดของยาเคมีที่ได้รับคำสั่งจนกระทั่งผสมยาเสร็จเท่ากับ 15.1 ± 6.9 นาที โดยไม่ขึ้นกับปริมาณของยาที่ต้องการ ขนาดของหลอดฉีดยาที่นำมาใช้ และไม่มี ความแตกต่างเมื่อผสมยาโดยบุคลากรทางการแพทย์ **สรุป:** หุ่นยนต์เตรียมยาเคมีบำบัดสามารถนำมาใช้งานได้อย่างถูกต้องแม่นยำและรวดเร็ว ทดแทนการปฏิบัติงานโดยบุคลากรเพื่อลดการสัมผัสยาเคมีบำบัดได้

คำสำคัญ: หุ่นยนต์, ยาเคมีบำบัด, เครื่องผสมยาอัตโนมัติ

บทนำ

โรคมะเร็งถือเป็นสาเหตุอันดับต้น ๆ ของการเสียชีวิตของประชากรไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันและยังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สถานการณ์โรคมะเร็งในประเทศไทย ปี 2559 - 2561 พบว่า ในประชากร 100,000 คน พบผู้ป่วยเพศชาย 147.5 คน และเพศหญิง 141.8 คน มะเร็งที่พบมากที่สุดในเพศชาย คือ มะเร็งตับ และเพศหญิง คือ มะเร็งเต้านม¹ การรักษามะเร็งที่มีประสิทธิภาพวิธีการหนึ่ง คือ การให้ยาเคมีบำบัด หลักการรักษาด้วยการให้ยาเคมีบำบัด จะต้องคำนึงถึงความถูกต้องตามมาตรฐานและการบริหารการใช้ยาที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับยาอย่างถูกต้องครบถ้วน สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการให้ยาเคมีบำบัดส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบของยาฉีด โดยผู้ป่วยมะเร็งแต่ละคนจำเป็นต้องได้รับปริมาณยาที่แตกต่างกันตามชนิดของโรคมะเร็ง น้ำหนักส่วนสูงของผู้ป่วยแต่ละคน ตลอดจนระยะของโรค คุณสมบัติของยาเคมีบำบัดแต่ละชนิด

ส่งผลต่อความสามารถในการทำละลายและลดการลุกลามของเซลล์มะเร็งที่มีประสิทธิภาพแตกต่างกัน² นอกจากนี้ ยาเคมีบำบัดแต่ละชนิดและขนาด ยังมีความเป็นพิษต่อร่างกาย ทำให้เกิดความเสี่ยงและผลกระทบในการรักษาต่อผู้ป่วยที่แตกต่างกันอีกด้วย³

โรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานีเป็นโรงพยาบาลที่ให้การรักษาผู้ป่วยมะเร็งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนอย่างครบวงจร ทั้งการรักษาด้วยการผ่าตัด ฉายรังสี และเคมีบำบัด จากสถิติผู้มารับบริการเคมีบำบัด โรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี ปีพ.ศ. 2562 - 2564 พบผู้ป่วยมะเร็ง ผู้มารับบริการด้วยเคมีบำบัดชนิดฉีด ดังตาราง 1 เนื่องจากการให้บริการผู้ป่วยจำนวนมาก ตลอดจนปริมาณภาระงานในการผสมยาเคมีบำบัดของผู้ให้บริการ ทางทางการแพทย์ที่ต้องทันต่อเวลาให้บริการทางการแพทย์ เจ้าหน้าที่ห้องผสมเคมีบำบัด อาจมีโอกาสดังกล่าวเสี่ยงจากการปนเปื้อนหรือการสัมผัสยาเคมีบำบัดสูงขึ้น แม้จะมีกระบวนการป้องกัน การสัมผัส และระมัดระวังการปนเปื้อนอย่างรัดกุมตามมาตรฐานก็ตาม จากการศึกษาของ Connor และคณะ ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ของการสัมผัสยาเคมีบำบัดกับการเกิดผลไม่พึงประสงค์ด้านการเจริญพันธุ์ในบุคลากรทางการแพทย์ เช่น การเพิ่มอัตรา fetal loss, congenital malformation, low birth weight, congenital abnormality และ infertility⁴ การปนเปื้อนยาเคมีบำบัดของ Christine Roussel และคณะ โดยการประเมิน ผลการวิเคราะห์หาปริมาณยาเคมีบำบัดในปัสสาวะของผู้ปฏิบัติงานในห้องผสม ยาเคมีบำบัด พบว่า มีปริมาณยาเคมีบำบัด ifosfamide จำนวน 21% และ cyclophosphamide จำนวน 38%⁵ ดังนั้นผู้ปฏิบัติงาน ผสมยาเคมีบำบัดจึงควรปฏิบัติงานด้วยความระมัดระวัง รวมทั้งปฏิบัติตาม มาตรฐานการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการผสมเคมีบำบัด เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงในการปนเปื้อนลดการกระจายของ ยาเคมีบำบัดสู่สิ่งแวดล้อมและลดอันตรายที่อาจเกิดจากการสัมผัสหรือได้รับยาเคมีบำบัดขณะปฏิบัติงาน

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลสถิติผู้ป่วยโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานีปี พ.ศ. 2562 - 2564

ปี พ.ศ.	2562	2563	2564
ผู้ป่วยมะเร็ง (ราย)	13,125	12,682	9,529
ผู้มารับบริการด้วยยาเคมีบำบัดชนิดฉีด (ขนาน)	25,866	24,525	21,230

ปัจจุบันการใช้เทคโนโลยีหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติในการช่วยผสมยาเคมีบำบัดได้ถูกพัฒนาตามลำดับ และแพร่หลายอย่างมากในต่างประเทศ เนื่องจากช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และช่วยลดโอกาส การเกิดการสัมผัสเคมีบำบัดในผู้ปฏิบัติงาน จากการศึกษาประสิทธิภาพหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดรุ่น KIRO ที่โรงพยาบาล 3 แห่งในประเทศสเปน เก็บข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการผสมยาเคมีบำบัด พบว่า ระยะเวลาในการผสมต่อรอบใช้เวลาเฉลี่ยไม่เกิน 40 นาที⁶ การศึกษาหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดรุ่น APOTECA ที่ญี่ปุ่น พบหุ่นยนต์สามารถลดความผิดพลาดในการผสมยาเคมีบำบัด cyclophosphamide เมื่อเทียบกับผู้ให้บริการผสมยาเคมีบำบัด

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)⁷ เห็นได้ว่าการทำงานของหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัด นอกจากช่วยผสมยาเคมีบำบัดในระยะเวลาที่ยอมรับได้ ลดการปนเปื้อนยาและสารเคมีต่อผู้ปฏิบัติงาน และยังสามารถเพิ่มความถูกต้องแม่นยำในการผสมยาเคมีบำบัดได้อีกด้วย โรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานีจึงร่วมกับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้ออกแบบ และผลิตเครื่องเตรียมยาเคมีบำบัดอัตโนมัติด้วยหุ่นยนต์ชนิดสองแขน โดยมีคุณสมบัติในการประมวลผลเพื่อกำหนดรูปแบบในการผสมยาแบบอัตโนมัติ พร้อมทั้งเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมยาที่มีความแตกต่างในแต่ละชนิด ได้แก่ ขวดยาชนิดสารละลายหรือชนิดผง

(vial) ตัวทำละลายสำหรับยาชนิดผงทั้งที่เป็นสารน้ำและเป็นตัวทำละลายเฉพาะ (solvent) เข็มฉีดยา (needle) กระบอกฉีดยา (syringe) และสารน้ำชนิดขวด (intravenous bottle) ด้วยชนิดของอุปกรณ์เตรียมยาเคมีบำบัดซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในโรงพยาบาลทั่วไป โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์หรือเชื้อเข็มชนิดพิเศษจากทางบริษัทผู้ผลิตเช่นในหุ่นยนต์รุ่นของต่างประเทศ และยังสามารถผสมยาเคมีบำบัดในรูปแบบผงและสารน้ำได้ โดยให้บริการผสมยาเคมีบำบัดผู้ป่วยในมะเร็งตับ มะเร็งปากมดลูก มะเร็งเต้านม มะเร็งปอด และมะเร็งลำไส้ที่พบบ่อย 5 อันดับแรกภายในโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี โดยเริ่มดำเนินการทดสอบการใช้งานจริงตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2565 เป็นต้นมา

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานหุ่นยนต์เตรียมยาเคมีบำบัดสำหรับยาต้านมะเร็งชนิดฉีดในโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี ใช้หลักการทำงาน การวิเคราะห์หาปริมาณของสาร โดยใช้หน่วยปริมาตร (volumetric method) และหน่วยน้ำหนัก (gravimetric method) เพื่อจะได้นำไปสู่แนวทางในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของหุ่นยนต์เตรียมยาเคมีบำบัดในด้านความถูกต้องและแม่นยำของการจัดเตรียมยาเคมีบำบัด และมาตรฐานฟาร์มาโคเปียสหรัฐอเมริกา (The United States Pharmacopeia; USP)⁸ ซึ่งเป็นมาตรฐานการผสมยาเคมีบำบัดแบบปลอดเชื้อวัดระยะเวลา

รวมทั้งยังศึกษาชนิดยาเคมีบำบัดที่สามารถเตรียมได้ด้วยหุ่นยนต์รุ่นนี้ที่ใช้ในการผสมยาเคมีบำบัด ตลอดจนความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการทำงานของหุ่นยนต์เพื่อนำไปสู่การพัฒนาในระดับต่อไป

วัตถุประสงค์และวิธีการ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาข้อมูลย้อนหลัง (retrospective study) มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลความถูกต้องแม่นยำของขนาดยาเคมีบำบัด (accuracy and precision) จากการผสมด้วยหุ่นยนต์เตรียมยาเคมีบำบัดสำหรับยาต้านมะเร็งชนิดฉีดตั้งแต่ 1 มีนาคม 2565 ถึง 30 กันยายน 2565 เก็บข้อมูลขนาดและขนาดยาเคมีบำบัดที่มีคำสั่งใช้ยาและใช้เครื่องเตรียมยาเคมีบำบัดอัตโนมัติด้วยหุ่นยนต์ในงานบริการผู้ป่วยในทุกรายของโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี การวัดความถูกต้องแม่นยำของการผสม ใช้หลักการ gravimetric method ที่สอดคล้องกับการทำงานของหุ่นยนต์ และการวัดประสิทธิภาพการทำงานด้วยหลักการเดียวกัน การคำนวณ หาค่าความถูกต้องของปริมาณยาเคมีบำบัดที่ต้องการ (accuracy) ทำได้โดยการชั่งน้ำหนักขวดยาเคมีบำบัดก่อนและหลังดูดยาออกด้วยหุ่นยนต์เตรียมยาเคมี นำน้ำหนักมาคำนวณเพื่อแปลงเป็นปริมาตรยา หลังจากนั้นสามารถเทียบกลับไปเป็นขนาดยาที่ต้องการขึ้นกับชนิดยาเคมีบำบัดแต่ละชนิด โดยการคำนวณดังสูตร

$$\text{ปริมาตรยาเคมีบำบัด (มิลลิลิตร)} = \frac{\text{น้ำหนักยาเคมีบำบัดก่อนผสม (กรัม)} - \text{น้ำหนักยาเคมีบำบัดหลังผสม (กรัม)}}{\text{ความหนาแน่นของยาเคมีบำบัด (กรัมต่อมิลลิลิตร)}}$$

เครื่องชั่งน้ำหนักขวดยาเคมีบำบัดที่ใช้ Precision Balances ML1602T/00 ยี่ห้อ METTLER-TOLEDO มีความละเอียดในการอ่านได้ 0.01 กรัม และมีการสอบเทียบมาตรฐานปีละครั้ง

นำปริมาตรยาเคมีบำบัดที่ผสมได้มาหารร้อยละความคลาดเคลื่อน เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาตรยาเคมีบำบัดที่ต้องการได้รับ ซึ่งมาจากคำสั่งของแพทย์ ดังสูตร

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{\text{ปริมาตรยาเคมีบำบัดที่ผสมได้ (มิลลิลิตร)} - \text{ปริมาตรยาที่ต้องการ (มิลลิลิตร)}}{\text{ปริมาตรยาที่ต้องการ (มิลลิลิตร)}} \times 100$$

หลังจากนั้นคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาตรยาที่เตรียมได้เพื่อนำมาวิเคราะห์ความแม่นยำ (precision) ของหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัด

เก็บข้อมูลระยะเวลาดำเนินการผสมยาด้วยหุ่นยนต์เริ่มตั้งแต่หุ่นยนต์เริ่มเช็คขนาดและชนิดของยาเคมีที่ได้รับคำสั่งจนกระทั่งผสมยาเสร็จและส่งยาออกให้ผู้ป่วยปฏิบัติงานซึ่งบันทึกอัตโนมัติด้วยซอฟต์แวร์ในตัวหุ่นยนต์ เก็บข้อมูลรวบรวมเพื่อหาระยะเวลาเฉลี่ยในขั้นตอนการผสมยาด้วยหุ่นยนต์ รวมทั้งระยะเวลาผสมยาเฉลี่ยแต่ละชนิด กรณีเกิดข้อผิดพลาดในการผสมยาด้วยหุ่นยนต์ เช่น ขวดยาตกแตก มีปริมาณยาหกออกนอกขวดน้ำเกลือซึ่งเกิดจากการสังเกตหรือพบภายนอกตู้ปฏิบัติงาน หรือหุ่นยนต์ไม่ทำงานตามคำสั่งของผู้ควบคุมงาน จะรวบรวมนำมารายงานเป็นจำนวนการเกิดความผิดพลาดของการทำงานร่วมด้วย โดยไม่นำมาวิเคราะห์รวมกับข้อมูลความถูกต้องแม่นยำของขนาดยาเคมีบำบัด (accuracy and

precision) จากการผสมด้วยหุ่นยนต์เตรียมยาเคมีบำบัด สถิติที่รายงานประกอบด้วย จำนวน, ร้อยละ, ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแตกต่างความคลาดเคลื่อนในการผสมยาด้วยหุ่นยนต์ผสมยาเคมีในยาฉีดแต่ละชนิดโดยใช้ independent t-test แต่เนื่องจากลักษณะของข้อมูลเป็นการแจกแจงแบบไม่ปกติ จึงนำเสนอข้อมูลด้วย มัธยฐาน, ค่าต่ำสุดและสูงสุด และใช้ nonparametric test ประเมินความแตกต่างทางสถิติด้วย Wilcoxon sign-range test ค่า p-value ที่น้อยกว่า .05 แสดงสถิติมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ วิเคราะห์สถิติด้วยโปรแกรม IBM SPSS 20.0

ผล

จากการเก็บข้อมูลการทำงานของหุ่นยนต์เตรียมยาเคมีบำบัดสำหรับยาต้านมะเร็งชนิดฉีดปฏิบัติงาน ณ กลุ่มงานเภสัชกรรม

โรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี หากแบ่งตามชนิดของยาฉีดเคมีบำบัดที่นำมาทดลองใช้กับหุ่นยนต์ พบว่ายาฉีดที่นำมาทดสอบทั้งหมด 17 ชนิด ได้แก่ Bevacizumab, Carboplatin, Calcium folinate, Cisplatin, Cyclophosphamide, Docetaxel, Doxorubicin, Etoposide, Fluorouracil, Gemcitabine, Ifosfamide, Irinotecan, Methotrexate, Oxaliplatin, Paclitaxel, Trastuzumab และ Vincristine สามารถผสมด้วยหุ่นยนต์ได้ทั้งหมด จากระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2565 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2565 พบว่ามีการเตรียมยาเคมีบำบัดชนิดฉีดด้วยหุ่นยนต์ทั้งสิ้น 1,221 ขนาน คิดเป็นร้อยละ 7.32 เมื่อเทียบกับปริมาณการผสมยาเคมีบำบัดในโรงพยาบาลทั้งหมด 16,689 ขนาน ในช่วงเวลาเดียวกันทั้งใน

และนอกเวลาราชการ จากการสังเกตพบความผิดพลาดเชิงเทคนิคในการผสมยาเคมีบำบัดด้วยหุ่นยนต์พบความผิดพลาดในการทำงานทั้งสิ้น 11 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 0.90 ความผิดพลาดเชิงเทคนิคที่ตรวจพบ ได้แก่ หุ่นยนต์หยุดทำงานระหว่างผสมยา 1 ครั้ง, หุ่นยนต์ไม่นำน้ำเกลือเข้าไปทำละลายยาเคมี 1 ครั้ง, หุ่นยนต์จับหลอดฉีดยาไม่ลงล็อกอุปกรณ์ ทำให้ผสมยาเคมีต่อไม่ได้ 7 ครั้ง, รายงานปริมาณยาหลังผสมผิดพลาด (data error) 1 ครั้ง และยาเคมีที่ผสมแล้วเกิดรั่วออกจากหลอดฉีดยา 1 ครั้ง รายละเอียดปริมาณยาเคมีบำบัดที่ผสม และจำนวนครั้งในการผสมยาเคมีบำบัดชนิดฉีดด้วยหุ่นยนต์แบ่งตามชนิดของยาเคมีบำบัดได้ ดังตาราง 2

ตารางที่ 2 ปริมาตรยา และจำนวนครั้งที่ผสมยาเคมีบำบัด โดยหุ่นยนต์ผสมยาแบ่งตามชนิดของยาเคมี

ชนิดยาฉีดเคมีบำบัด	ปริมาตรยา (มิลลิลิตร)	จำนวนครั้งที่ผสมยาโดยหุ่นยนต์
Carboplatin (Kemocarb [®])	9.0 – 60.0	87
Calcium folinate (Rescuvorin [®])	2.4 – 78.8	137
Cisplatin (Kemoplat [®])	48.0 – 185.0	54
Cisplatin (Cilatin [®])	100.0 – 125.0	2
Cyclophosphamide (Endoxan [®])	36.5 – 50.7	5
Doxorubicin (Doxorubin [®])	36.5 – 50.5	5
Etoposide (Sedol [®])	6.5	5
Fluorouracil (5-Fluorouracil Sandoz [®])	8.0 – 86.4	827
Gemcitabine (Gemtero [®])	23.2 – 35.8	5
Irinotecan (Irinex [®] 100 mg/5 ml)	10.8 – 18.7	16
Irinotecan (Camp [®])	12.2	1
Oxaliplatin (Oxalip [®])	27.8	1
Oxaliplatin (Oxaliplatin [®])	18.0 – 38.0	36
Paclitaxel (Intaxel [®])	7.5 – 50.82	29
รวม	2.4 - 185.0	1,210

จากการศึกษาทุกขนาน เมื่อนำมาทำการคำนวณปริมาตรยาฉีดเคมีบำบัดที่ได้จากการเตรียมผสมด้วยหุ่นยนต์เทียบกับปริมาตรยาที่ต้องการ พบมีค่ามัธยฐานร้อยละความคลาดเคลื่อนของการเตรียมยาเท่ากับ 0 ดังตาราง 3 เมื่อแยกตามชนิดยาเคมีบำบัดพบว่าในยา Carboplatin (Kemocarb[®]), Calcium folinate (Rescuvorin[®]), Doxorubicin (Doxorubin[®]), Etoposide

(Sedol[®]), Fluorouracil (5-Fluorouracil Sandoz[®]), Oxaliplatin (Oxaliplatin[®]) และ Paclitaxel (Intaxel[®]) มีค่ามัธยฐานร้อยละความคลาดเคลื่อนในการผสมยาเคมีบำบัดที่แตกต่างจากปริมาตรยาเคมีที่ต้องการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน Irinotecan (Camp[®]) และ Oxaliplatin (Oxalip[®]) ไม่สามารถหาความแตกต่างทางสถิติได้เนื่องจากการผสมยาแค่ครั้งเดียว

ตารางที่ 3 ค่ามัธยฐานร้อยละความคลาดเคลื่อนในการผสมยาด้วยหุ่นยนต์ผสมยาเคมีในยาฉีดแต่ละชนิด โดยเปรียบเทียบปริมาณยาฉีดเคมีบำบัดที่เตรียมผสมด้วยหุ่นยนต์เทียบกับปริมาณยาที่ต้องการ

ชนิดยาฉีดเคมีบำบัด	ค่ามัธยฐานร้อยละความคลาดเคลื่อนในการผสมยา	p-value
	Median (min - max)	
Carboplatin (Kemocarb [®])	1.12 (-3.88 - 7.91)	<.001*
Calcium folinate (Rescuvorin [®])	2.43 (-15.12 - 16.78)	<.001*
Cisplatin (Kemoplat [®])	0.89 (-0.29 - 3.55)	.068
Cisplatin (Cilatin [®])	-1.14 (-1.32 - 0.95)	.180
Cyclophosphamide (Endoxan [®])	0.97 (-3.69 - 3.72)	.459
Doxorubicin (Doxorubin [®])	2.35 (0.26 - 2.83)	.013*
Etoposide (Sedol [®])	4.06 (3.61 - 4.66)	.042*
Fluorouracil (5-Fluorouracil Sandoz [®])	-0.28 (-16.66 - 15.58)	<.001*
Gemcitabine (Gemtero [®])	-2.69 (-8.69 - 0)	.703
Irinotecan (Irinox [®] 100 mg/5 ml)	1.43 (-4.00 - 3.76)	.277
Irinotecan (Campoto [®])	4.06	-
Oxaliplatin (Oxalip [®])	-3.20	-
Oxaliplatin (Oxaliplatin [®])	-1.11 (-12.2 - 3.34)	.006*
Paclitaxel (Intaxel [®])	1.34 (-0.18 - 4.71)	<.001*
รวม	0.0 (-2.69 - 4.06)	<.001*

* Significant at p-value < .05, Wilcoxon sign-range test

จากการเก็บระยะเวลาในการเตรียมยาฉีดเคมีบำบัดด้วยหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติ พบว่า เวลาเฉลี่ยในการเตรียมยาเคมีบำบัดทั้งหมด มีระยะเวลาเฉลี่ย 15.1 นาที หรืออยู่ในช่วงระหว่าง 11-35 นาที ต่อการเตรียมยาหนึ่งขนาด โดยปริมาณยาเคมีบำบัดที่เตรียมไม่เกิน 24 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการเตรียม 9.9-15.0 นาที ส่วนปริมาณยาเคมีบำบัดที่เตรียมมากกว่า 24 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการเตรียม 14.8-34.8 นาที และกรณียาเคมีบำบัดที่เป็นแบบผงที่ต้องละลายใช้เวลาในการเตรียม 31.4-32.0 นาที รายละเอียดระยะเวลาในการเตรียมยาด้วยหุ่นยนต์แยกตามชนิดของยาเคมีบำบัดดังแสดงในตาราง 4

ผลการเตรียมยาฉีดเคมีบำบัดด้วยหุ่นยนต์ตามขนาดบรรจุของหลอดฉีดยาขนาดต่าง ๆ ที่นำมาใช้ทำการศึกษา เมื่อนำมาวิเคราะห์หาค่ามัธยฐานร้อยละความคลาดเคลื่อนของการเตรียมยาเมื่อใช้หลอดฉีดยาขนาดที่ต่างกัน จะพบว่าหลอดฉีดยาขนาด 30 มิลลิลิตร มีร้อยละความคลาดเคลื่อนของการเตรียมน้อยที่สุด รองลงมาคือ 20 มิลลิลิตร, 50 มิลลิลิตร, 5 มิลลิลิตร และ 10 มิลลิลิตร ตามลำดับ ผลการศึกษาค่ามัธยฐานร้อยละความคลาดเคลื่อนของการเตรียมยาตามชนิดของหลอดฉีดยาขนาดต่าง ๆ เมื่อเตรียมด้วยหุ่นยนต์ผสมยาเคมี ดังแสดงในตาราง 5

ตารางที่ 4 ปริมาตรและเวลาในการเตรียมยาเคมีบำบัดแต่ละชนิดด้วยหุ่นยนต์

ชนิดยาฉีดเคมีบำบัด	ปริมาตรในการเตรียม		เวลาในการเตรียม		SD
	ปริมาตรเฉลี่ย (มิลลิลิตร)	ปริมาตร (min-max)	เวลาเฉลี่ย (นาที)	เวลา (min-max)	
Carboplatin (Kemocarb [®])	37.0	9.0 - 60.0	14.3	10 - 24	3.5
Calcium folinate (Rescuvorin [®])	22.8	2.4 - 78.8	13.3	9 - 39	5.0
Cisplatin (Kemoplat [®])	123.9	48.0 - 185.0	34.8	20 - 52	7.9

ตารางที่ 4 ปริมาตรและเวลาในการเตรียมยาเคมีบำบัดแต่ละชนิดด้วยหุ่นยนต์ (ต่อ)

ชนิดยาฉีดเคมีบำบัด	ปริมาณในการเตรียม		เวลาในการเตรียม		SD
	ปริมาตรเฉลี่ย (มิลลิลิตร)	ปริมาตร (min-max)	เวลาเฉลี่ย (นาที)	เวลา (min-max)	
Cisplatin (Cilatin®)	112.5	100.0 - 125.0	33.5	28 - 39	7.8
Cyclophosphamide (Endoxan®)	41.1	36.5 - 50.7	31.4	26 - 43	6.9
Doxorubicin (Doxorubin®)	41.9	36.5 - 50.5	21.6	14 - 42	11.7
Etoposide (Sedol®)	6.5	6.5 - 6.5	13.4	13 - 14	0.5
Fluorouracil (5-Fluorouracil Sandoz®)	16.2	8.0 - 86.4	13.7	8 - 116	4.9
Gemcitabine (Gemtero®)	33.8	23.2 - 35.8	32.0	22 - 44	9.4
Irinotecan (Irinex® 100 mg/5 ml)	13.8	10.8 - 18.7	20.8	16 - 48	8.2
Irinotecan (Campeto®)	12.2	-	12.0	-	-
Oxaliplatin (Oxalip®)	27.8	-	11.0	-	-
Oxaliplatin (Oxaliplatin®)	24.5	18.0 - 38.0	16.0	13 - 20	2.0
Paclitaxel (Intaxel®)	42.6	7.5 - 50.8	16.6	10 - 20	2.6
รวม	39.8		15.1		6.9

ตารางที่ 5 ค่ามัธยฐานร้อยละความคลาดเคลื่อนในการผสมยาด้วยหุ่นยนต์ผสมยาเคมีแยกตามขนาดของหลอดฉีดยา โดยเปรียบเทียบปริมาตรยาฉีดเคมีบำบัดที่เตรียมผสมด้วยหุ่นยนต์เทียบกับปริมาตรยาที่ต้องการ

ขนาดหลอดฉีดยา (มิลลิลิตร)	ปริมาตรที่ดูดยา (มิลลิลิตร)	จำนวนครั้งที่ผสมยา โดยหุ่นยนต์	ค่ามัธยฐานร้อยละความคลาดเคลื่อน ในการผสมยา Median (min-max)	p-value
5	0.00-3.00	15	3.5 (3.68 - 3.86)	.001*
10	3.01-8.00	45	6.25 (-11.62 - 16.78)	<.001*
20	8.01-14.00	359	-0.42 (-11.49 - 15.58)	<.001*
30	14.01-24.00	487	-0.25 (-16.62 - 13.75)	<.001*
50	>24.00	304	1.05 (-14.01 - 10.94)	<.001*

* Significant at p-value < .05, Wilcoxon sign-range test

วิจารณ์

จากการศึกษาผลการทำงานของหุ่นยนต์เตรียมยาเคมีบำบัดสำหรับยาต้านมะเร็งชนิดฉีดในโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี ซึ่งเป็นเครื่องต้นแบบเครื่องแรกที่น่ามาศึกษาและใช้งานในผู้ป่วยจริงในโรงพยาบาล พบว่า ตัวหุ่นยนต์สามารถทำงานทดแทนเจ้าหน้าที่ผสมยาเคมีได้ เนื่องจากสามารถผสมยาเคมีบำบัดชนิดฉีดได้ทุกชนิดที่น่ามาทำการศึกษา ซึ่งเป็นยาเคมีบำบัดชนิดที่มีการใช้งานบ่อยในผู้ป่วยที่ต้องการการรักษาด้วยเคมีบำบัด ลดการปนเปื้อน

ยาเคมีบำบัดในผู้ปฏิบัติงานใกล้ชิดกับเคมีบำบัด และใช้เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องมือเพียง 1-2 คน เมื่อเทียบกับปริมาณงานของยาเคมีบำบัดที่ผสมได้ต่อวัน จะช่วยลดปริมาณการสัมผัสยาเคมีและลดปริมาณงานให้กับเจ้าหน้าที่ห้องผสมยาได้ นอกจากนี้ยังสามารถผสมยาได้อย่างแม่นยำในระดับที่ยอมรับได้ ตลอดจนใช้เวลาในการผสมยาในช่วงที่เหมาะสม

การวิเคราะห์ความถูกต้องของปริมาณยาเคมีบำบัดที่ต้องการ (accuracy) ในการศึกษานี้มีค่ามัธยฐานร้อยละความ

คลาดเคลื่อนเท่ากับ 0 (min = -2.69, max = 4.06) เมื่อวิเคราะห์แยกตามชนิดของยาเคมีบำบัด พบว่า ค่ามัธยฐานร้อยละความคลาดเคลื่อนของยาเคมีบำบัดทุกชนิดไม่เกินร้อยละ 5 (min = -2.49, max = 4.06) แสดงถึงการทำงานของหุ่นยนต์มีความแม่นยำมาก จากการศึกษาของ Bhakta และคณะ⁹ ศึกษาผลการทำงานผสมยาเคมีบำบัดจำนวน 525 ขนาน พบว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนในการผสมยาด้วยหุ่นยนต์ผสมยาเคมีเท่ากับ $-0.58\% \pm 0.01$ และจากการศึกษาของ Harvard medical school¹⁰ ซึ่งศึกษาผลการทำงานผสมยาเคมีบำบัดด้วยหุ่นยนต์จำนวน 110 ขนาน พบค่ามัธยฐานร้อยละความคลาดเคลื่อนในการผสมยาด้วยหุ่นยนต์ผสมยาเคมี 2.1 (-51.3 ถึง 28) เมื่อเทียบกับการศึกษาดังกล่าว พบว่าหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดชนิดนี้ในโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานีมีความแม่นยำในการใช้งานมากเมื่อเทียบกับการศึกษาอื่น ๆ ที่หลักการทำงานเช่นเดียวกันและอยู่ในมาตรฐานฟาร์มาโคเปียอเมริกา⁸ ที่สามารถยอมรับความแม่นยำในการเตรียมยาเคมีแบบปลอดเชื้อ (sterile preparation) เมื่อเทียบกับปริมาณยาชนิดที่ต้องการได้ไม่เกินร้อยละ 10 จากการศึกษาของ Nurgat และคณะ¹¹ ซึ่งวิเคราะห์ความถูกต้องของปริมาณยาเคมีบำบัดที่ผสมด้วยหุ่นยนต์พบว่าในปี 2011 และ 2012 พบว่า มียาเคมีบำบัดที่ผสมคลาดเคลื่อนจากปริมาณที่ต้องการมากกว่าร้อยละ 10 อยู่ที่ร้อยละ 6.1 และ 3.5 ตามลำดับ ผลการศึกษาของโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานีพบจำนวนยาเคมีบำบัดที่ผสมด้วยหุ่นยนต์มีความคลาดเคลื่อนจากปริมาณที่ต้องการมากกว่าร้อยละ 10 จำนวนทั้งสิ้น 20 ขนาน คิดเป็นร้อยละ 1.7 และผลการศึกษา ยาเคมีบำบัดที่ผสมคลาดเคลื่อนจากปริมาณที่ต้องการมากกว่าร้อยละ 5 จากการศึกษาของ Nurgat ในปี 2011 และ 2011 พบร้อยละ 23.0 และ 15.4 ตามลำดับ แต่จากการศึกษาของโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานีพบเพียงร้อยละ 6.8 แม้ว่า Nurgat ได้พัฒนาความแม่นยำให้หุ่นยนต์ผสมยาเคมีที่ได้รับการปรับปรุงจากปี 2011 และความคลาดเคลื่อนของการผสมยาจะพัฒนาไปในทางดีขึ้น แต่ยังพบความคลาดเคลื่อนของการผสมยามากกว่าการศึกษาของโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานีในครั้งนี้ อย่างไรก็ตาม ล่าสุดมีคำแนะนำในการใช้งานหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดทดแทนการทำงานของบุคลากร ซึ่งมีการกำหนดแนวทางโดยผู้เชี่ยวชาญด้านหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดจากทั่วโลก¹² โดยได้ระบุไว้ว่า ความคลาดเคลื่อนของการผสมยาเคมีบำบัดด้วยหุ่นยนต์ต้องไม่เกินค่ามาตรฐานของตามแต่ละสถาบันกำหนดหรือตามมาตรฐานฟาร์มาโคเปียอเมริกาและยุโรปซึ่งไม่เกินร้อยละ 10 สอดคล้องกับแนวทางการกำหนดมาตรฐานความแม่นยำในการทำงานของหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดของโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี

จากการศึกษาของ Cleveland clinic¹³ ในปี 2011-2012 พบว่า หุ่นยนต์เกิดเหตุความผิดปกติทางเทคนิคทำให้เครื่องหยุดทำงานหรือยาเคมีบำบัดรั่ว หก ตกแตก ทั้งสิ้น 155 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 2.1 โดย 94 ครั้งไม่สามารถดำเนินการทำงานด้วยหุ่นยนต์ต่อได้ ต้องได้รับการส่งต่อไปให้บุคลากรผสมยาเคมีแทน เทียบกับ

ความผิดปกติทางเทคนิคในการทำงานของหุ่นยนต์ผสมยาเคมีของโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี พบทั้งสิ้น 11 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 0.9 ซึ่งปัญหาเหล่านี้ผู้ควบคุมการทำงานภายในห้องสามารถตรวจสอบได้ และไม่พบว่าเป็นอันตรายหรือเกิดการปนเปื้อนยาเคมีบำบัดกับผู้ป่วยปฏิบัติงาน ทั้งนี้จะต้องมีการเก็บข้อมูลความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องเพิ่มเติมส่งต่อไปให้ผู้ผลิตปรับปรุงพัฒนาต่อไป เพื่อไม่ให้เกิดการหยุดทำงานระหว่างทำงาน การไม่ลงล็อกของอุปกรณ์ และการผสมยารั่วออกจากหลอดฉีดยา เพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามการเกิดเหตุความผิดปกติทางเทคนิคของหุ่นยนต์อาจทำให้เกิดความล่าช้าในการปฏิบัติงานเนื่องจากต้องหยุดเครื่องมือเพื่อตรวจสอบความพร้อมในการใช้งานอีกครั้งหรืออาจต้องส่งต่อไปให้บุคลากรผสมยาเคมีแทนเพื่อให้ทันต่อการรอคอยของผู้มารับบริการต่อไป

ระยะเวลาในการเตรียมยาเคมีบำบัดด้วยหุ่นยนต์โรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี มีค่าเฉลี่ย 15.1 ± 6.9 นาที โดยเวลาที่ใช้ในการเตรียมยาด้วยหุ่นยนต์แปรผันตามชนิด ปริมาตรของยาเคมีที่ต้องการเตรียมการศึกษาของ Capilli และคณะ¹⁴ ซึ่งรายงานผลการศึกษาระยะเวลาในการเตรียมยาเคมีบำบัดด้วยหุ่นยนต์ โดยในปี 2018 มีการเตรียมยาด้วยหุ่นยนต์ถึง 2,195 ขนาน พบว่า ระยะเวลาการเตรียมยาด้วยหุ่นยนต์เฉลี่ย 2 ชั่วโมง 8 นาที ส่วนใหญ่ร้อยละ 44 ใช้เวลาเตรียมยาเฉลี่ยน้อยกว่า 1 ชั่วโมง และมีร้อยละ 6 ที่ใช้เวลาเตรียมยาเฉลี่ยมากกว่า 3 ชั่วโมงต่อขนาน โดยระยะเวลาเตรียมยาที่ดีที่สุดคือ 4 ชั่วโมง 58 นาที จากการศึกษาของ Bhakta และคณะ⁹ พบระยะเวลาในการเตรียมยาเคมีบำบัดด้วยหุ่นยนต์มีค่าเฉลี่ย 53.2 ± 32.2 นาที จะเห็นได้ว่าหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดของโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานีใช้ระยะเวลาในการเตรียมนานน้อยกว่าถึง 3.5 เท่า นอกจากนี้ จากการศึกษาของ Harvard medical school¹⁰ ได้เปรียบเทียบระยะเวลาในการเตรียมยาเคมีบำบัดด้วยหุ่นยนต์เทียบกับการผสมยาเคมีบำบัดโดยบุคลากร พบค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการเตรียมยาเคมีบำบัดด้วยหุ่นยนต์ 10 นาที 51 วินาที ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาครั้งนี้ เมื่อเทียบกับระยะเวลาการผสมยาด้วยบุคลากร พบระยะเวลาในการเตรียมยาเคมีเฉลี่ยเพียง 7 นาที 24 วินาที ซึ่งแตกต่างจากการระยะเวลาการผสมยาด้วยหุ่นยนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเตรียมยาเคมีบำบัดด้วยหุ่นยนต์ในโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานีโดยการใช้ระยะเวลาที่สั้น จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการผู้ป่วยได้อย่างรวดเร็วมากยิ่งขึ้นทันกับความต้องการของผู้ป่วยที่มีจำนวนมากขึ้นในแต่ละปี อีกทั้งยังลดระยะรอคอยการให้บริการในโรงพยาบาลให้สั้นลงได้อีก

จากการศึกษาการใช้หุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดเตรียมยาฉีดด้วยหลอดฉีดยาขนาดที่แตกต่างกันตามปริมาตรของยาชนิดที่ต้องการได้แก่ ขนาด 5, 10, 20, 30 และ 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ พบค่ามัธยฐานร้อยละความคลาดเคลื่อนในการผสมยาอยู่ในช่วงระหว่าง -0.42 ถึง 6.25 โดยมีเพียงหลอดฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตรเพียงขนาดเดียวที่มีร้อยละความคลาดเคลื่อนในการผสมยาเกินร้อยละ 5 และค่ามัธยฐานร้อยละความคลาดเคลื่อนในการผสมยาด้วยหุ่นยนต์

ไม่แปรผันตามขนาดของหลอดเลือดยา อย่างไรก็ตาม เนื่องจากหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดของโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานีรุ่นแรกนี้ พัฒนา มาเพื่อให้สามารถใช้ร่วมกับหลอดเลือดยา และเข็มฉีดยาชนิดทั่วไป ที่มีใช้ในโรงพยาบาลและสามารถใช้ได้กับหลอดเลือดยาที่มีขนาด แตกต่างกันไปทุกขนาด แตกต่างจากหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดรุ่นที่ ผลิตในต่างประเทศส่วนใหญ่จำเป็นต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์ผสม ยาเคมีบำบัดที่ผลิตจากบริษัทนั้น ๆ จึงจะสามารถใช้งานได้ ซึ่งเป็นข้อดี ของหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดของโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี โดย นอกจากจะผลิตหุ่นยนต์ภายในประเทศไทยแล้ว ยังช่วยลดค่าใช้จ่าย ในการจัดซื้ออุปกรณ์เฉพาะเพื่อใช้ผสมยาเคมีบำบัดที่ต้องนำเข้าจากบริษัท ที่ผลิตหุ่นยนต์ได้อีกด้วย จากการศึกษาเป็นการศึกษาเริ่มต้นใช้จริง ในผู้ป่วยใน มีข้อจำกัดทางด้านบุคลากร จะต้องผสมยาเคมีบำบัด ให้กับผู้ป่วยนอกที่ต้องทำให้ทันเวลาที่กำหนด ทำให้ไม่สามารถ เปรียบเทียบกันโดยตรงได้จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเปรียบเทียบ ต้นทุน ประสิทธิภาพความถูกต้องและแม่นยำ เวลาในการผสม

ระหว่างหุ่นยนต์และคน เพื่อใช้เป็นข้อมูลเป็นในการประเมิน ความคุ้มค่า และตัดสินใจในการใช้หุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดต่อไป

สรุป

หุ่นยนต์เตรียมยาเคมีบำบัดสำหรับยาต้านมะเร็งชนิดฉีดใน โรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานีสามารถนำมาใช้งานในการบริการผู้ป่วย เคมีบำบัด มีความถูกต้องแม่นยำ และทดแทนการปฏิบัติงานโดย บุคลากรทางการแพทย์เพื่อลดการสัมผัสยาเคมีบำบัดได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี กลุ่มงานเภสัชกรรม กลุ่มงานวิจัย ถ่ายทอดและสนับสนุนวิชาการ และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนการศึกษานี้ให้ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี

References

1. Rojanamatin J, Ukranun W, Suppattagorn P, Chiawiriyabunya I, Wongsena M, Chaiwerawattana A, et al. Cancer in Thailand Vol X, 2016-2018. Bangkok. National Cancer Institute; 2021.
2. Lyman GH. Impact of chemotherapy dose intensity on cancer patient outcomes. J Natl Compr Canc Netw 2009;7(1):99-108.
3. Zhang XH, Hao S, Gao B, Tian WG, Jiang Y, Zhang S, et al. A network meta-analysis for toxicity of eight chemotherapy regimens in the treatment of metastatic/advanced breast cancer. Oncotarget 2016;7(51):84533-43.
4. Ford CD, Killebrew J, Fugitt P, Jacobsen J, Prystas EM. Study of medication errors on a community hospital oncology ward. J Oncol Pract 2006;2(4):149-54.
5. Roussel C, Connor TH. Chemotherapy and Pharmacy: A toxic mix?. TOP THE ONCOLOGY PHARMACIST 2013;6(2):32-3.
6. Riestra AC, López-Cabezas C, Jobard M, Campo M, Tamés MJ, Marín AM, et al. Robotic chemotherapy compounding: A multicenter productivity approach. J Oncol Pharm Pract 2022;28(2):362-72.
7. Iwamoto T, Morikawa T, Hioki M, Sudo H, Paolucci D, Okuda M. Performance evaluation of the compounding robot, APOTECA chemo, for injectable anticancer drugs in a Japanese hospital. J Pharm Health Care Sci 2017;3:12.
8. US Pharmacopeial Convention (USP). Pharmaceutical compounding-sterile preparations. [Internet] 2013. [cited 2023 Mar 10]. Available from: <https://www.sefh.es/fichadjuntos/USP797GC.pdf>
9. Bhakta SB, Colavecchia AC, Coffey W, Curlee DR, Garey KW. Implementation and evaluation of a sterile compounding robot in a satellite oncology pharmacy. Am J Health Syst Pharm 2018;75(11 Supplement 2):S51-7.
10. Seger AC, Churchill WW, Keohane CA, Belisle CD, Wong ST, Sylvester KW, et al. Impact of robotic antineoplastic preparation on safety, workflow, and costs. J Oncol Pract 2012;8(6):344-9.
11. Nurgat Z, Faris D, Mominah M, Vibar A, Al-Jazairi A, Ewing S, et al. A three-year study of a first-generation chemotherapy-compounding robot. Am J Health Syst Pharm 2015;72(12): 1036-45.
12. Yaniv AW, Orsborn A, Bonkowski JJ, Chew L, Krämer I, Calabrese S, et al. Robotic i.v. medication compounding: Recommendations from the international community of APOTECACHemo users. Am J Health Syst Pharm 2017;74(1):e40-6.
13. Yaniv AW, Knoer SJ. Implementation of an i.v.-compounding robot in a hospital-based cancer center pharmacy. Am J Health Syst Pharm 2013;15;70(22):2030-7.
14. Capilli M, Enrico F, Federici M, Comandone T. Increasing pharmacy productivity and reducing medication turn-around times in an Italian comprehensive cancer center by implementing robotic chemotherapy drugs compounding. J Oncol Pharm Pract 2022;28(2):353-61.