

การเปรียบเทียบความถูกต้องและความแม่นยำของปริมาตรยาที่เตรียมโดย หุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดและโดยเภสัชกรในโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี

ฐิติกานต์ ศิริภากรกาญจน์, อารยา ลักขณาวรรณกุล

กลุ่มงานเภสัชกรรม โรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องและความแม่นยำของปริมาตรยาที่เตรียมได้ระหว่างการเตรียมยาโดยหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัด AYA และโดยเภสัชกรในโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี **วิธีการ:** การวิจัยเชิงทดลองแบบเก็บข้อมูลไปข้างหน้าครั้งนี้ เก็บข้อมูลจากการให้หุ่นยนต์ผสมยา AYA และเภสัชกร 4 คนตูดน้ำกลั่น ด้วยกระบอกฉีดยา 5 ขนาดในปริมาตรต่าง ๆ โดยทำซ้ำปริมาตรละ 5 ครั้ง การศึกษาหาความแตกต่างของน้ำหนักกระบอกฉีดยาก่อนและหลังตูดน้ำกลั่น และคำนวณปริมาตรน้ำที่เตรียมได้ การศึกษาวิเคราะห์ความแม่นยำจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน **ผลการวิจัย:** หุ่นยนต์ AYA เป็นหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดชนิดฉีดเครื่องแรกที่เกิดขึ้นในประเทศไทย หุ่นยนต์สามารถเตรียมน้ำกลั่นโดยมีปริมาตรที่ถูกต้องเกินกว่าร้อยละ 90 (อยู่ในช่วงร้อยละ 95.56-99.32) ในทุกขนาดของกระบอกฉีดยาที่ใช้และในทุกปริมาตรการตวง ส่วนเภสัชกรตวงปริมาตรน้ำได้ถูกต้องเกินกว่าร้อยละ 90 (อยู่ในช่วงร้อยละ 93.50-99.71) ในทุกขนาดของกระบอกฉีดยาที่ใช้และในทุกปริมาตรการตวงเช่นกัน ยกเว้นการตวงน้ำในปริมาตร 1 มล. ด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 5 และ 10 มล. ที่พบความถูกต้องของปริมาตรเพียงร้อยละ 79.30 และ 80.80 ตามลำดับ การตวงน้ำในปริมาตร 1 มล. ด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 5 และ 10 มล. โดยหุ่นยนต์มีความถูกต้องมากกว่าปริมาตรที่ตวงได้โดยเภสัชกรร้อยละ 20.02 และ 14.76 ตามลำดับ ($P < 0.001$) หุ่นยนต์ยังตวงน้ำได้โดยมีปริมาตรถูกต้องมากกว่าปริมาตรที่เภสัชกรตวงได้ร้อยละ 3.15-4.96 เมื่อใช้กระบอกฉีดยา 5 มล. (ตวงที่ปริมาตร 2.5 และ 5 มล.) และกระบอกฉีดยา 50 มล. (ตวงที่ปริมาตร 10 และ 50 มล.) ส่วนในกรณีอื่น ๆ พบความแตกต่างของปริมาตรที่ตวงได้โดยหุ่นยนต์และเภสัชกรไม่เกินร้อยละ 2 **สรุป:** หุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดสามารถเตรียมยาโดยได้ปริมาตรที่ถูกต้องและแม่นยำมากกว่าการเตรียมโดยเภสัชกรในบางกรณี

คำสำคัญ: หุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัด ความถูกต้องและความแม่นยำ ยาเคมีบำบัด ความคลาดเคลื่อนจากการผสมยาเคมีบำบัด

รับต้นฉบับ: 22 ก.ค. 2567, ได้รับบทความฉบับปรับปรุง: 8 พ.ย. 2567, รับลงตีพิมพ์: 11 พ.ย. 2567

ผู้ประสานงานบทความ: ฐิติกานต์ ศิริภากรกาญจน์ กลุ่มงานเภสัชกรรม โรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี ตำบลหนองไผ่ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41330 E-mail: thitikan.si@kkumail.com

Comparison of Accuracy and Precision of Volumes in Drugs Prepared by the Chemotherapy Compounding Robot and the Pharmacists at Udonthani Cancer Hospital

Thitikan Siripakornkan, Araya Lukanawonakul

Department of Pharmacy, Udonthani Cancer Hospital

Abstract

Objective: To compare the accuracy and precision of the volume of drugs prepared by the chemotherapy compounding robot or AYA and manual preparation by pharmacists at Udonthani Cancer Hospital. **Method:** This prospective experimental study collected data from having the AYA chemotherapy compounding robot and 4 pharmacists draw various volumes of distilled water with 5 sizes of syringes for 5 times in each volume. The study determined the difference in weight of syringes before and after drawing distilled water, and calculated the volume of water prepared. The study analyzed the accuracy from the standard deviation. **Results:** AYA robot is the first injectable chemotherapy mixing robot produced in Thailand. The robot drew distilled water with an accuracy of more than 90% (in the range of 95.56-99.32%) in all sizes of syringes used and in all measuring volumes. The pharmacists drew the volume of water with the accuracy more than 90% (in the range of 93.50-99.71%) in every size of syringe used and in every volume measured, except for measuring 1 mL of water with 5 and 10 mL syringes with accurate at only 79.30 and 80.80%, respectively. The measurement of 1 ml of water with 5 and 10 ml syringes by the robot obtained the volume with 20.02 and 14.76% more accurate than that measured by the pharmacist, respectively ($P < 0.001$). The robot also drew water with a volume that was 3.15-4.96% more accurate than that measured by the pharmacist when using 5 ml syringes (to draw 2.5 and 5 ml of water) and 50 ml syringes (to draw 10 and 50 ml of water). In other cases, the difference in volumes of water drew by the robot and the pharmacists were not more than 2%. **Conclusion:** The chemotherapy mixing robot can draw drugs with more accurate and precise volumes than the pharmacist in some cases.

Keywords: chemotherapy compounding robot, accuracy and precision, chemotherapy, chemotherapy compounding errors

บทนำ

โรคมะเร็งเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญและเป็นสาเหตุการตายอันดับ 1 ของคนไทย ในปี พ.ศ.2565 อัตราตายจากโรคมะเร็งเท่ากับ 124.8 ต่อประชากร 100,000 ราย และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในแต่ละปีพบผู้ป่วยมะเร็งใหม่มากกว่า 100,000 ราย (1) หนึ่งในวิธีการรักษาที่แพร่หลายสำหรับโรคมะเร็งหลายประเภทได้แก่การให้ยาเคมีบำบัด

ในปี พ.ศ. 2563 - 2565 โรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี ให้บริการรักษาด้วยเคมีบำบัดชนิดฉีดรวมทั้งสิ้น 19,249, 22,793 และ 24,343 ชนาน ตามลำดับ ในผู้ป่วยมะเร็ง 10,408, 10,442 และ 12,779 ราย ตามลำดับ การที่มีผู้ป่วยจำนวนมาก และจากคุณสมบัติของยาเคมีบำบัดที่มีพิษต่อร่างกายทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับยาเคมีบำบัด มีโอกาสสัมผัสยาเคมีบำบัดซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดปกติหรือเป็นพิษต่อยีน และทำให้เสี่ยงต่อการเกิดความพิการแก่ทารกในสตรีที่กำลังตั้งครรภ์ หรือมีผลกระทบต่อการเจริญพันธุ์ได้ (2) ในต่างประเทศจึงได้มีการพัฒนาหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดขึ้นมาเพื่อลดความเสี่ยงของบุคลากร ลดภาระในการผสมยาเคมีบำบัด และลดความคลาดเคลื่อนของขนาดยาเคมีบำบัดที่เตรียมขึ้น แต่การนำเข้าหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดจากต่างประเทศมาใช้ในประเทศไทยยังมีข้อจำกัดด้านงบประมาณ รายการยาที่สามารถใช้ได้ในการเตรียมด้วยหุ่นยนต์ ตลอดจนอุปกรณ์ที่ใช้ในการผสมยาร่วมกับหุ่นยนต์

เป้าหมายของการผสมยาเคมีบำบัด คือ การได้ยาเคมีบำบัดถูกชนาน ขนาดยาถูกต้อง เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานด้านผสมยามีความปลอดภัยและสามารถผสมยาได้อย่างรวดเร็ว ผู้เชี่ยวชาญด้านหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดจากทั่วโลก ได้กำหนดแนวทางการผสมยาเคมีบำบัดด้วยหุ่นยนต์ว่า ขนาดยาต้องไม่เกินค่ามาตรฐานตามที่แต่ละสถาบันกำหนดหรือตามมาตรฐานฟาร์มาโคเปียของอเมริกาและยุโรปซึ่งกำหนดที่ไม่เกินร้อยละ 10 (3) เช่นเดียวกับมาตรฐานการเตรียมยาที่ยอมรับความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 10 (4)

ปี พ.ศ.2562 โรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานีร่วมกับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังมีการพัฒนาหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัด AYA ซึ่งจัดเป็นหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดเครื่องแรกที่เกิดขึ้นในประเทศไทยและมีการส่งมอบเพื่อทดสอบระบบในปี พ.ศ.2565 การ

นำหุ่นยนต์มาให้บริการควรประเมินความถูกต้องและความแม่นยำในการผสมยา เพื่อให้มั่นใจว่า ผู้ป่วยโรคมะเร็งจะได้รับการรักษาด้วยยาเป็นไปตามแผนการรักษา คือ ถูกชนานและขนาดยาอีกทั้ง เจ้าหน้าที่ผสมยาต้องปลอดภัยและสามารถผสมยาได้อย่างรวดเร็ว

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความถูกต้องและความแม่นยำของขนาดยาที่เตรียมโดยหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัด AYA และเภสัชกรโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี โดยคำนวณหาร้อยละของความคลาดเคลื่อนของปริมาตรยาที่เตรียมได้เมื่อเทียบกับปริมาตรยาที่ต้องการเพื่อนำข้อมูลไปตัดสินใจเรื่องการนำหุ่นยนต์ AYA มาใช้ในการปฏิบัติงาน

วิธีการวิจัย

การวิจัยแบบภาคตัดขวางนี้ทำในโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี ระหว่างเดือน มกราคม - มีนาคม 2566 การศึกษาผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน โรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี หมายเลขหนังสือรับรอง UDCH_COA 017/2022

หุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัด AYA

หุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัด AYA (รูปที่ 1) เป็นเครื่องผสมยาเคมีบำบัดต้นแบบประกอบด้วย ส่วนควบคุมประมวลผลและส่วนเครื่องจักรกลประเภทหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติเพื่อการนำเข้าอุปกรณ์เตรียมยา ผสมยา และส่งออกผลิตภัณฑ์ยาฉีดและยาเคมีบำบัดพร้อมใช้ ภายในเครื่องเป็นห้องกรงอากาศบริสุทธิ์ (Biological Safety Cabinet; BSC Class 3) ระบบปิดชนิดความดันลบที่สามารถปกป้องผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อมจากการปนเปื้อนสารที่มีความอันตราย หุ่นยนต์มีระบบท่อติดตั้งตัวกรองก่อนระบายอากาศสู่สิ่งแวดล้อม มีระบบควบคุมความปลอดภัยด้วยประตูล็อกไฟฟ้า โดยสามารถเปิดได้เมื่อเครื่องอยู่ในขั้นตอนที่ปลอดภัยสำหรับการเข้าถึงเท่านั้น หุ่นยนต์มีระบบหยุดเครื่องฉุกเฉินเมื่อเกิดความผิดปกติหรือเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์

เครื่องผสมยาเคมีด้วยเทคโนโลยีหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติเชื่อมต่อกับระบบสารสนเทศโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานี (ThaiHIS) และเก็บข้อมูลยาเคมีบำบัดทั้งหมดที่ผสมโดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ส่วน software & controlling system ควบคุมอัตโนมัติด้วย CiRACORE Platform การทำงานของเครื่องเริ่มที่ขั้นตอน

การรับข้อมูลการบริหารยาจากผู้ปฏิบัติงาน และประมวลผลเพื่อกำหนดตำรับยาและรูปแบบการผสมโดยอัตโนมัติพร้อมแสดงรายละเอียดของอุปกรณ์เตรียมยาบนจอภาพ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานบรรจุอุปกรณ์เตรียมยาได้อย่างถูกต้อง เครื่องจะตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และแจ้งเตือนเมื่อพบความผิดปกติ

อารยา ลักษณะวารณกุล และคณะ ศึกษาประสิทธิภาพของหุ่นยนต์เตรียมยาเคมีบำบัด AYA ด้านความถูกต้องแม่นยำ และเวลาที่ใช้ในการทำงานสำหรับยาต้านมะเร็งชนิดฉีดในผู้ป่วยโรงพยาบาลมะเร็งอุดรธานีพบว่า ร้อยละของความคลาดเคลื่อนในการเตรียมยามีค่ามัธยฐานเท่ากับ 0.0 (ค่าต่ำสุด 2.69, ค่าสูงสุด 4.06) เวลาเฉลี่ยที่ใช้จนผสมยาเสร็จ เท่ากับ 15.1 ± 6.9 นาที (6)



ก. ส่วนปฏิบัติงานเตรียมยาเคมีบำบัดของหุ่นยนต์ AYA



ข. ตู้ปลอดเชื้อชนิด BSC class 3 ของหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัด AYA

รูปที่ 1. หุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัด AYA

การเตรียมยาโดยหุ่นยนต์

การศึกษานี้กำหนดให้หุ่นยนต์ AYA เตรียมยาโดยตวงน้ำกลั่นด้วยกระบอกฉีดยาขนาดต่าง ๆ ตามปริมาตรที่กำหนด ดังนี้ 1) กระบอกฉีดยาขนาด 5 มล. ตูดน้ำปริมาตร 1, 2.5 และ 5 มล. 2) กระบอกฉีดยาขนาด 10 มล. ตูดน้ำปริมาตร 1, 5 และ 10 มล. 3) กระบอกฉีดยาขนาด 20 มล. ตูดน้ำปริมาตร 5, 10 และ 20 มล. 4) กระบอกฉีดยาขนาด 30 มล. ตูดน้ำปริมาตร 5, 15 และ 30 มล. และ 5) กระบอกฉีดยาขนาด 50 มล. ตูดน้ำปริมาตร 10, 25 และ 50 มล.

หุ่นยนต์ผสมยาเตรียมน้ำกลั่น ปริมาตรละ 5 ครั้ง ผู้วิจัยหาความแตกต่างของน้ำหนักกระบอกฉีดยาก่อนและหลังเตรียมยาทุกครั้งเพื่อคำนวณน้ำหนักของน้ำกลั่นที่ตวงได้ และแปลงเป็นปริมาตรของน้ำที่ตวงได้โดยหารด้วยความหนาแน่นของน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้องหรือ 0.99669 กรัมต่อมล. (7) ผู้วิจัยจะใช้เป็นค่าประมาณเป็น 1 กรัมต่อมล. การศึกษาคำนวณค่าร้อยละของความถูกต้องของปริมาตรที่ตวงได้คำนวณจาก (%accuracy) จาก (ปริมาตรที่ตวงได้หารด้วยปริมาตรที่กำหนดให้ตวง) $\times 100$ ส่วนร้อยละของความคลาดเคลื่อนของปริมาตรน้ำกลั่นที่เตรียมได้คำนวณจากสูตร (ปริมาตรที่ตวงได้ - ปริมาตรที่กำหนดให้ตวง) หารด้วยปริมาตรที่กำหนดให้ตวง การศึกษาคำนวณหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของปริมาตรที่ตวงได้ และหาค่าความแม่นยำ (precision) จากสูตร $(SD \times 100)$ หารด้วยค่าเฉลี่ยของปริมาตรที่หุ่นยนต์เตรียมได้ (8)

การเตรียมยาโดยเภสัชกร

ผู้เตรียมยา คือ เภสัชกร 4 คนที่ปฏิบัติงานผสมยาเคมีบำบัดเป็นประจำทุกเดือนและมีประสบการณ์ผสมยาเคมีบำบัดมากกว่า 2 ปี การเตรียมยาทำโดยใช้กระบอกฉีดยาขนาดต่าง ๆ ตวงน้ำกลั่นตามปริมาตรที่กำหนดเหมือนกับกรณีของหุ่นยนต์ เภสัชกรแต่ละท่านเตรียมยา 5 ครั้งในแต่ละปริมาตร ผู้วิจัยนำปริมาตรที่เตรียมได้ในแต่ละครั้งโดยเภสัชกรแต่ละท่านมาเฉลี่ยกัน เช่น นำปริมาตรที่เภสัชกรทุกท่านเตรียมได้ครั้งที่ 1 มาเฉลี่ยกันเป็นปริมาตรที่เตรียมได้โดยเภสัชกรครั้งที่ 1 เป็นต้น ส่วนการคำนวณหาปริมาตรที่เตรียมได้ ร้อยละของความคลาดเคลื่อน และความแม่นยำในการเตรียม ใช้วิธีการเช่นเดียวกับการเตรียมยาโดยหุ่นยนต์

ขนาดตัวอย่าง

เนื่องจากยังไม่เคยมีการศึกษาความถูกต้องและความแม่นยำของขนาดยาจากการเตรียมระหว่างหุ่นยนต์

ผสมยาเคมีบำบัด AYA และเภสัชกร ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานำร่องที่นิยมใช้ได้แก่ 30 ครั้ง (5) ในการศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดให้การเตรียมน้ำกลั่นโดยหุ่นยนต์ฯ ทำโดยใช้กระบอกฉีดยา 5 ขนาด ขนาดละ 3 ปริมาตร แต่ละปริมาตรเตรียมซ้ำ 5 ครั้ง จำนวนรวมที่หุ่นยนต์เตรียมเท่ากับ 75 ครั้ง ส่วนการเตรียมโดยเภสัชกร 4 คน แต่ละคนเตรียมน้ำกลั่นในกระบอกฉีดยา 5 ขนาด ขนาดละ 3 ปริมาตร ปริมาตรละ 5 ครั้ง นำแต่ละครั้งมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับหุ่นยนต์

การวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินความแตกต่างของปริมาตรที่เตรียมได้ระหว่างหุ่นยนต์และเภสัชกรใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทางแบบที่มีการวัดซ้ำ โดยปัจจัยภายในกลุ่มได้แก่ ปริมาตรที่เตรียมและปัจจัยระหว่างกลุ่มได้แก่ วิธีการเตรียม (หุ่นยนต์หรือเภสัชกร) โดยค่า P ที่น้อยกว่า 0.05 บ่งชี้ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิจัย

เภสัชกรที่ร่วมการทดลองจำนวน 4 คน เป็นเพศชาย 3 คน เพศหญิง 1 คน อายุระหว่าง 28-42 ปี (เฉลี่ย 37.00 ± 6.16 ปี) มีประสบการณ์เตรียมยาเคมีบำบัด 2-15 ปี (เฉลี่ย 9.75 ± 5.56 ปี)

ความถูกต้องและความแม่นยำของปริมาตร

จากตารางที่ 1 ความถูกต้องของปริมาตรน้ำที่ตวงได้โดยหุ่นยนต์มีค่าเกินกว่าร้อยละ 90 (อยู่ในช่วงร้อยละ 95.56-99.32) ในทุกขนาดของกระบอกฉีดยาที่ใช้และในทุกปริมาตรการตวง ส่วนการเตรียมโดยเภสัชกรมีความถูกต้องของปริมาตรน้ำที่ตวงได้เกินกว่าร้อยละ 90 (อยู่ในช่วงร้อยละ 93.50-99.71) ในทุกขนาดของกระบอกฉีดยาที่ใช้และในทุกปริมาตรการตวง ยกเว้นการตวงยาในปริมาตร 1 มล. ด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 5 และ 10 มล. ที่พบความถูกต้องของปริมาตรน้อยกว่าร้อยละ 90 เมื่อ คือ ร้อยละ 79.30 และ 80.80 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ร้อยละความถูกต้องและความแม่นยำจากการเตรียมน้ำกลั่นปริมาตรต่าง ๆ (ปริมาตรละ 5 ซ้ำ)

ขนาดของกระบอกฉีดยาที่ใช้เตรียมยา (มล.)	ปริมาตรที่เตรียม (มล.)	ร้อยละความถูกต้อง (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)		ความแตกต่าง (ร้อยละ)	P
		หุ่นยนต์ผสมยาเคมี	เภสัชกร		
5	1	99.32 (0.18)	79.30 (2.84)	20.02	<0.001 ¹
	2.5	98.46 (1.24)	93.50 (1.19)	4.96	<0.001 ¹
	5	98.94 (0.75)	95.79 (0.85)	3.15	<0.001 ¹
	ค่าเฉลี่ย	98.91 (0.43)	89.53 (8.93)		
	ความแม่นยำ	0.43%	9.97%		
10	1	95.56 (1.58)	80.80 (10.17)	14.76	<0.001 ¹
	5	98.82 (0.43)	97.04 (0.67)	1.78	0.002 ¹
	10	98.58 (0.16)	98.42 (1.04)	0.16	0.428 ¹
	ค่าเฉลี่ย	97.65 (1.82)	92.09 (9.80)		
	ความแม่นยำ	1.86%	10.64%		
20	5	97.04 (0.54)	97.92 (0.23)	-0.88	F= 30.26
	10	97.86 (0.39)	98.31 (0.48)	-0.45	df= 1, 8
	20	98.10 (0.15)	98.78 (0.10)	-0.24	P=0.001 ²
	ค่าเฉลี่ย	97.67 (0.56)	98.34 (0.43)		
	ความแม่นยำ	0.57%	0.44%		
30	5	99.12 (0.73)	97.71 (1.06)	1.41	0.040 ¹
	15	98.36 (0.24)	98.98 (0.50)	-0.62	0.007 ¹
	30	98.39 (0.12)	99.71 (0.12)	-1.32	<0.001 ¹
	ค่าเฉลี่ย	98.62 (0.43)	98.80 (1.01)		
	ความแม่นยำ	0.44%	1.02%		

ตารางที่ 1 ร้อยละความถูกต้องและความแม่นยำจากการเตรียมน้ำกลั่นปริมาตรต่าง ๆ (ปริมาตรละ 5 ซ้ำ)

ขนาดของกระบอกฉีดยา ที่ใช้เตรียมยา (มล.)	ปริมาตรที่เตรียม	ร้อยละความถูกต้อง (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)		ความแตกต่าง (ร้อยละ)	P
50	10	99.07 (0.24)	94.86 (0.98)	4.21	<0.001 ¹
	25	97.44 (0.33)	97.33 (0.27)	0.11	0.571 ¹
	50	98.38 (0.01)	95.13 (0.20)	3.26	<0.001 ¹
	ค่าเฉลี่ย	98.30 (0.81)	95.77 (1.36)		
	ความแม่นยำ	0.82%	1.42%		
ค่าเฉลี่ยของทั้งหมด		98.23 (0.97)	94.91 (6.28)		
ค่าความแม่นยำของทั้งหมด		0.99%	6.62%		

1: ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการ (หุ่นยนต์หรือเภสัชกร) กับปริมาตรการเตรียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จึงเปรียบเทียบความถูกต้องของปริมาตรที่ตวงได้ระหว่างหุ่นยนต์หรือเภสัชกรด้วย Bonferroni test
2: ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของวิธีการ (หุ่นยนต์หรือเภสัชกร) เมื่อปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการกับปริมาตรการเตรียมไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 1 ความแม่นยำของปริมาตรที่เตรียมโดยหุ่นยนต์เปรียบเทียบกับเภสัชกรที่กระบอกฉีดยาขนาด 5, 10, 20, 30 และ 50 มล. เท่ากับ ร้อยละ 0.43 กับ 9.97, ร้อยละ 1.86 กับ 10.64, ร้อยละ 0.57 กับ 0.44, ร้อยละ 0.44 กับ 1.02 และร้อยละ 0.82 กับ 1.42 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความแม่นยำของปริมาตรที่เตรียมได้โดยหุ่นยนต์เปรียบเทียบกับเภสัชกรของกระบอกฉีดยาทุกขนาดเท่ากับ ร้อยละ 0.99 กับ 6.62 ตามลำดับ

การเตรียมโดยใช้กระบอกฉีดยาขนาด 5 มล.

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบปริมาตรของน้ำที่ตวงได้โดยหุ่นยนต์และเภสัชกรเมื่อใช้กระบอกฉีดยาขนาด 5 มล. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการ (หุ่นยนต์หรือเภสัชกร) กับปริมาตรการ

เตรียมมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F_{1,13,9.06} = 87.47, P < 0.001$) แสดงว่า ความแตกต่างของปริมาตรที่เตรียมได้ระหว่างหุ่นยนต์และเภสัชกรขึ้นกับปริมาตรที่เตรียม

จากตารางที่ 1 เมื่อใช้การทดสอบ Bonferroni เปรียบเทียบร้อยละของความถูกต้องในการตวงระหว่างหุ่นยนต์ AYA และเภสัชกร ณ ปริมาตรหนึ่ง ๆ ของการตวงด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 5 มล. พบว่า การเตรียมด้วยหุ่นยนต์ AYA มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าการเตรียมด้วยเภสัชกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทั้ง 3 ปริมาตร คือ 1, 2.5 และ 5 มล. ที่ระดับ 0.05 ($P < 0.001$) จากตารางที่ 1 จะเห็นว่า ความแตกต่างจะพบมากเมื่อตวงที่ปริมาตรน้อย (1 มล.) ซึ่งพบความแตกต่างถึงร้อยละ 20.02 ขณะที่เมื่อการตวงที่ปริมาตร 2.5 และ 5 มล. พบความแตกต่างร้อยละ 4.96 และ 3.15 ตามลำดับ (ตารางที่ 1),

ตารางที่ 2. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทางแบบที่มีการวัดซ้ำเพื่อเปรียบเทียบปริมาตรของน้ำที่ตวงได้โดยหุ่นยนต์และเภสัชกรเมื่อใช้กระบอกฉีดยาขนาด 5 มล.¹

แหล่งของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ปริมาตรที่เตรียม	371.16	1.13	327.71	75.73	<0.001
ปริมาตรที่เตรียม * วิธีการเตรียม	428.68	1.13	4.32	87.47	<0.001
ความคลาดเคลื่อน	39.21	9.06			
วิธีการเตรียม	659.79	1	659.79	521.87	<0.001
ความคลาดเคลื่อน	10.11	8	1.26		
รวม	1,508.95	20.32			

1: ได้ปรับการวิเคราะห์ด้วย Greenhouse–Geisser correction เนื่องจากข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมุติเรื่อง sphericity

ตารางที่ 3. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทางแบบที่มีการวัดซ้ำเพื่อเปรียบเทียบปริมาตรของน้ำที่ตวงได้โดยหุ่นยนต์และเภสัชกรเมื่อเตรียมด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 10 มล.¹

แหล่งของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ปริมาตรที่เตรียม	673.23	1.06	634.69	100.80	<0.001
ปริมาตรที่เตรียม * วิธีการเตรียม	320.04	1.06	301.71	47.92	<0.001
ความคลาดเคลื่อน	53.43	8.49	6.30		
วิธีการเตรียม	232.63	1	232.63	115.52	<0.001
ความคลาดเคลื่อน	16.11	8	2.01		
รวม	1,295.43	19.60			

1: ได้ปรับการวิเคราะห์ด้วย Greenhouse–Geisser correction เนื่องจากข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมุติเรื่อง sphericity

การเตรียมโดยใช้กระบอกฉีดยาขนาด 10 มล.

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบปริมาตรของน้ำที่ตวงได้โดยหุ่นยนต์และเภสัชกรเมื่อใช้กระบอกฉีดยาขนาด 10 มล. พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการ (หุ่นยนต์หรือเภสัชกร) กับปริมาตรการเตรียมมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F_{1,06,8.49} = 47.92$, $P < 0.001$) แสดงว่า ความแตกต่างของปริมาตรที่เตรียมได้ระหว่างหุ่นยนต์และเภสัชกรขึ้นกับปริมาตรการเตรียม

จากตารางที่ 1 เมื่อใช้การทดสอบ Bonferroni เปรียบเทียบความถูกต้องในการตวงระหว่างหุ่นยนต์ AYA และเภสัชกรในแต่ละปริมาตรของการตวง พบว่า ในการเตรียมยาในปริมาตร 1 และ 5 มล. พบว่า หุ่นยนต์ AYA มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าการเตรียมด้วยเภสัชกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($P < 0.001$ และ $P = 0.002$ ตามลำดับ) จากตารางที่ 1 จะเห็นว่า ความแตกต่างจะพบมากเมื่อตวงที่ปริมาตรที่น้อย (1 มล.) ซึ่งพบความแตกต่างถึงร้อยละ 14.76 ส่วนในปริมาตรการตวงที่ 5 มล. ถึงแม้จะพบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบความแตกต่างเพียงร้อยละ 1.78 เท่านั้น แต่สำหรับการเตรียม

ปริมาตร 10 มล. การเตรียมด้วยหุ่นยนต์ AYA และเภสัชกรให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.428$)

การเตรียมโดยใช้กระบอกฉีดยาขนาด 20 มล.

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบปริมาตรของน้ำที่ตวงได้โดยหุ่นยนต์และเภสัชกรเมื่อใช้กระบอกฉีดยาขนาด 20 มล. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเตรียม (หุ่นยนต์หรือเภสัชกร) กับปริมาตร การเตรียมไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($F_{2,16} = 0.89$, $P = 0.430$) ส่วนวิธีการเตรียม (หุ่นยนต์หรือเภสัชกร) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F_{1,8} = 30.26$, $P = 0.001$) และความแตกต่างนี้ไม่ขึ้นกับปริมาตรที่ตวง

จากตารางที่ 1 แสดงว่า ปริมาตรที่ตวงโดยเภสัชกรมีความถูกต้องกว่าหุ่นยนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ร้อยละของปริมาตรที่ตวงได้ใกล้เคียงกับ 100 มากกว่า) ในทั้งสามปริมาตรที่ทดสอบ (5, 10 และ 20 มล.) อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของปริมาตรที่ตวงได้ระหว่างเภสัชกรและหุ่นยนต์มีน้อยมากเพียงร้อยละ 0.88, 0.45 และ 0.24 ตามลำดับ

ตารางที่ 4. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทางแบบที่มีการวัดซ้ำเพื่อเปรียบเทียบปริมาตรของน้ำที่ตวงได้โดยหุ่นยนต์และเภสัชกรเมื่อเตรียมด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 20 มล.

แหล่งของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ปริมาตรที่เตรียม	4.68	2	2.34	17.49	<0.001
ปริมาตรที่เตรียม * วิธีการเตรียม	0.24	2	0.12	0.89	0.430
ความคลาดเคลื่อน	2.14	16	0.13		
วิธีการเตรียม	3.33	1	3.33	30.26	0.001
ความคลาดเคลื่อน	0.88	8	0.11		
รวม	11.27	29			

ตารางที่ 5. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทางแบบที่มีการวัดซ้ำเพื่อเปรียบเทียบปริมาตรของน้ำที่ตวงได้โดยหุ่นยนต์และเกษตรกรเมื่อเตรียมด้วยกระบอกลดขนาด 30 มล.

แหล่งของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ปริมาตรที่เตรียม	2.02	1.18	1.72	4.21	0.065
ปริมาตรที่เตรียม * วิธีการเตรียม	10.04	1.18	8.54	20.96	0.001
ความคลาดเคลื่อน	3.83	9.40	0.41		
วิธีการเตรียม	0.23	1	0.23	0.53	0.488
ความคลาดเคลื่อน	3.48	8	0.44		
รวม	19.60	20.76			

1: ได้ปรับการวิเคราะห์ด้วย Greenhouse–Geisser correction เนื่องจากข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมุติเรื่อง sphericity

การเตรียมโดยใช้กระบอกลดขนาด 30 มล.

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบปริมาตรของน้ำที่ตวงได้โดยหุ่นยนต์และเกษตรกรเมื่อใช้กระบอกลดขนาด 30 มล. พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเตรียมกับปริมาตรการเตรียมมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F_{1,18,9.40} = 20.96, P=0.001$) แสดงว่าความแตกต่างของปริมาตรที่ตวงได้ระหว่างหุ่นยนต์และเกษตรกรขึ้นกับ ปริมาตรในการเตรียม

จากตารางที่ 1 เมื่อใช้การทดสอบ Bonferroni เปรียบเทียบความถูกต้องในการตวงระหว่างหุ่นยนต์ AYA และเกษตรกรในแต่ละปริมาตรของการตวง พบว่า ที่ปริมาตรการตวง 5 มล. ด้วยกระบอกลดขนาด 30 มล. ปริมาตรที่หุ่นยนต์ตวงได้มีความถูกต้องมากกว่าปริมาตรที่ตวงได้โดยเกษตรกร ร้อยละ 1.41 ($P=0.040$) แต่ที่ปริมาตรการตวง 15 และ 30 มล. ปริมาตรที่เกษตรกรตวงได้มีความถูกต้องมากกว่าปริมาตรที่ตวงได้โดยหุ่นยนต์ ร้อยละ 0.63 และ 1.32 ตามลำดับ ($P=0.007$ และ <0.001 ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของปริมาตรที่ตวงได้ที่พบมีขนาดเล็ก

การเตรียมโดยใช้กระบอกลดขนาด 50 มล.

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบปริมาตรของน้ำที่ตวงได้โดยหุ่นยนต์และเกษตรกรเมื่อใช้กระบอกลดขนาด 50 มล. พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการกับปริมาตรการเตรียมมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F_{2,16} = 51.32, P<0.001$) แสดงว่า ความแตกต่างของปริมาตรที่เตรียมได้ระหว่างหุ่นยนต์และเกษตรกรขึ้นกับ ปริมาตรในการเตรียม

จากตารางที่ 1 เมื่อใช้การทดสอบ Bonferroni เปรียบเทียบความถูกต้องในการตวงระหว่างหุ่นยนต์ AYA และเกษตรกรในแต่ละปริมาตรของการตวง พบว่า ที่ปริมาตรการตวงที่ 10 และ 50 มล. ด้วยกระบอกลดขนาด 30 มล. ปริมาตรที่หุ่นยนต์ตวงได้มีความถูกต้องมากกว่าปริมาตรที่ตวงได้โดยเกษตรกร ร้อยละ 4.21 และ 3.26 ตามลำดับ ($P<0.001$ และ <0.001 ตามลำดับ) แต่ที่ปริมาตรการตวง 25 มล. ปริมาตรที่เกษตรกรและหุ่นยนต์ตวงได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.571$)

ตารางที่ 6. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทางแบบที่มีการวัดซ้ำเพื่อเปรียบเทียบปริมาตรของน้ำที่ตวงได้โดยหุ่นยนต์และเกษตรกรเมื่อเตรียมด้วยกระบอกลดขนาด 50 มล.

แหล่งของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ปริมาตรที่เตรียม	2.08	2	1.04	4.64	0.026
ปริมาตรที่เตรียม * วิธีการเตรียม	23.02	2	1.51	51.32	<0.001
ความคลาดเคลื่อน	3.59	16	0.22		
วิธีการเตรียม	47.91	1	47.91	281.69	<0.001
ความคลาดเคลื่อน	1.36	8	0.17		
รวม	77.18	29			

การอภิปรายผล

หุ่นยนต์ AYA เป็นหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดชนิดฉีดเครื่องแรกที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย หุ่นยนต์สามารถเตรียมยาโดยมีปริมาตรที่ถูกต้องเกินกว่าร้อยละ 90 (อยู่ในช่วงร้อยละ 95.56-99.32) ในทุกขนาดของกระบอกฉีดยาที่ใช้และในทุกปริมาตรการตวง ส่วนเภสัชกรตวงปริมาตรน้ำได้ถูกต้องเกินกว่าร้อยละ 90 (อยู่ในช่วงร้อยละ 93.50-99.71) ในทุกขนาดของกระบอกฉีดยาที่ใช้และในทุกปริมาตรการตวงเช่นกัน ยกเว้นการตวงยาในปริมาตร 1 มล. ด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 5 และ 10 มล. ที่พบความถูกต้องของปริมาตรเพียงร้อยละ 79.30 และ 80.80 ตามลำดับเมื่อเทียบกับปริมาตรที่ต้องตวง การตวงยาในปริมาตร 1 มล. ด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 5 และ 10 มล. โดยหุ่นยนต์มีความถูกต้องมากกว่าปริมาตรที่ตวงได้โดยเภสัชกรร้อยละ 20.02 และ 14.76 ตามลำดับ ($P < 0.001$) หุ่นยนต์ยังตวงยาได้โดยมีปริมาตรถูกต้องมากกว่าปริมาตรที่เภสัชกรตวงได้ร้อยละ 3.15-4.96 เมื่อใช้กระบอกฉีดยา 5 มล. (ตวงที่ปริมาตร 2.5 และ 5 มล.) และกระบอกฉีดยา 50 มล. (ตวงที่ปริมาตร 10 และ 50 มล.) ส่วนในกรณีอื่น ๆ พบความแตกต่างของปริมาตรที่ตวงได้โดยหุ่นยนต์และเภสัชกรไม่เกินร้อยละ 2

การศึกษาของ Geersing และคณะ (9) เปรียบเทียบการผสมยาเคมีบำบัดระหว่างหุ่นยนต์และเจ้าหน้าที่ พบว่า เมื่อวิเคราะห์ปริมาณยาที่เตรียมได้ด้วย ultra high performance liquid chromatography ความคลาดเคลื่อนของขนาดยา methotrexate ที่ผสมโดยหุ่นยนต์และโดยเจ้าหน้าที่ คือ ร้อยละ 1.70 และ 0.96 ตามลำดับ เมื่อประเมินโดยวิธี gravimetric analysis ความคลาดเคลื่อนของขนาดยาที่ผสมโดยหุ่นยนต์และโดยเจ้าหน้าที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.50 และ 1.96 ตามลำดับ ผู้วิจัยสรุปว่า การเตรียมยาต้านมะเร็งด้วยหุ่นยนต์และบุคลากรมีความถูกต้องโดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณยาต่างจากปริมาณที่กำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งทั้งสองวิธีการเตรียมยาได้ผลสอดคล้องกับข้อกำหนดตามกฎหมายยาของประเทศเนเธอร์แลนด์ และมาตรฐานตามตำราของสหภาพยุโรป แต่ผลจากการวิจัยครั้งนี้พบว่า การตวงยาในปริมาตร 1 มล. ด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 5 และ 10 มล. โดยเภสัชกรพบความถูกต้องของปริมาตรเพียงร้อยละ 79.30 และ 80.80 ตามลำดับเมื่อเทียบกับปริมาตรที่ต้องตวง แต่การตวงในเงื่อนไขเดียวกับหุ่นยนต์พบความถูกต้องที่สูงกว่ามาก (ร้อยละ 99.35

และ 95.56 ตามลำดับ) ข้อสรุปที่แตกต่างอาจเกิดจากเงื่อนไขการวิจัยที่ต่างกัน โดยงานวิจัยกำหนดให้ตวงยาในปริมาตร 1 มล. ด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 5 และ 10 มล. ซึ่งเป็นกรณีที่มีไม่เกิดจริงในการปฏิบัติงาน แต่การวิจัยของ Geersing และคณะ (9) ศึกษาการเตรียมยาเคมีบำบัดจริงคือ methotrexate และ cyclophosphamide

การวิจัยครั้งนี้พบว่า ความแม่นยำของการเตรียมโดยหุ่นยนต์ AYA เปรียบเทียบกับเภสัชกรเมื่อเตรียมด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 5, 10, 20, 30 และ 50 มล. เท่ากับร้อยละ 0.43 กับ 9.97, ร้อยละ 1.86 กับ 10.64, ร้อยละ 0.57 กับ 0.44, ร้อยละ 0.44 กับ 1.02 และร้อยละ 0.82 กับ 1.42 ตามลำดับ แสดงถึงความแม่นยำในการเตรียมยาของหุ่นยนต์ผสมยาที่มากกว่าการเตรียมโดยเภสัชกร โดยเฉพาะการเตรียมด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 5 และ 10 มล. สอดคล้องกับการศึกษาของ Poppe และคณะ (10) ที่ศึกษาความถูกต้องของขนาดยาเคมีบำบัดโดยการวัดปริมาตร ซึ่งพบว่า การเตรียมยาโดยเจ้าหน้าที่มีค่าเฉลี่ยความแตกต่างของปริมาตรจากที่กำหนดร้อยละ 0.53 โดยมีช่วงปริมาตรที่วัดได้ตั้งแต่ร้อยละ -64.9 ถึงร้อยละ 94.22 ของปริมาตรยาที่ต้องการ จากการเตรียมทั้งหมด 1156 ขนาน พบว่าร้อยละ 71.7 ของการเตรียมมีขนาดยาคลาดเคลื่อนในช่วงร้อยละ ± 5 และร้อยละ 87.4 มีขนาดยาคลาดเคลื่อนในช่วงร้อยละ ± 10

Bhakta และคณะ (11) ศึกษาการใช้หุ่นยนต์ IV Station Onco ในการผสมยาเคมีบำบัดจำนวน 1,453 ขนาน พบว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการผสมยาเคมีบำบัดเป็น 53.2 ± 32.2 นาที ซึ่งน้อยกว่าเวลาที่ใช้เมื่อเตรียมด้วยมนุษย์ (64.1 ± 27.9 นาที) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) และมีค่าเฉลี่ยร้อยละความคลาดเคลื่อนเท่ากับ -0.58 ± 0.01 ส่วน Seger และคณะ (12) ศึกษาผลของการใช้หุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดชนิด CytoCare พบว่า ความเสี่ยงต่อการเกิดความคลาดเคลื่อนที่รุนแรงหรือการเตรียมยาที่มีค่าความแปรปรวนเกินกว่าร้อยละ 10 ระหว่างการผสมยาเคมีด้วยมนุษย์และการผสมยาเคมีด้วยหุ่นยนต์เท่ากับร้อยละ 0.7 และ 0.7 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.80$) แต่ในด้านความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่พบว่า การผสมยาเคมีด้วยมนุษย์เกิดเหตุการณ์ที่กระทบต่อความปลอดภัยมากกว่าการใช้หุ่นยนต์ (ร้อยละ 5.1 และ 2.9 ตามลำดับ) ส่วนในด้านความถูกต้องของขนาดยา เมื่อกำหนดให้ร้อยละความ

คลาดเคลื่อนต้องไม่เกินร้อยละ 5 เมื่อเทียบกับน้ำหนักของขนาดยาที่ต้องการ พบว่า การผสมยาเคมีบำบัดด้วยมนุษย์มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่าการผสมยาเคมีบำบัดด้วยหุ่นยนต์ (ร้อยละ 12.5 และ 0.9 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = <0.001$) แต่สิ่งที่หุ่นยนต์ยังดีกว่าการผสมยาเคมีบำบัดด้วยมือได้แก่ เวลาที่ใช้ในการผสมยา เวลาเฉลี่ยของการผสมยาดด้วยมนุษย์และหุ่นยนต์เท่ากับ 7.24 และ 10.51 นาที ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.009$) แสดงว่า การเตรียมโดยหุ่นยนต์ทำให้ได้ขนาดยาที่ถูกต้องและปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานมากกว่า แต่ใช้เวลาในการผสมยามากกว่ามนุษย์

การศึกษาความคลาดเคลื่อนในการผสมยาเคมีบำบัดโดย White และคณะ (13) พบว่า กระบวนการต่าง ๆ ในการผสมยาเคมีบำบัดโดยมนุษย์มีความเสี่ยงต่อการเกิดความคลาดเคลื่อน เช่น การนำยาเคมีบำบัดเข้าผสมในบริเวณตู้ผสมยาพร้อมกันมากกว่า 1 ชนิด การไม่มีผู้ตรวจสอบซ้ำก่อนการละลายยาเคมีบำบัดแบบผงทำให้เสี่ยงต่อการเลือกสารละลายผิดชนิด หรือในขณะที่ผสมยาเคมีบำบัดลงถุงน้ำเกลือมีความเสี่ยงต่อการผสมผิดปริมาตร การไม่ติดฉลากยาเคมีบำบัดเฉพาะรายกับถุงน้ำเกลือตลอดเวลาที่ผสม เป็นต้น

สรุป

การนำหุ่นยนต์ AYA ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ผสมยาเคมีบำบัดเครื่องแรกทีสร้างขึ้นในประเทศไทย มาใช้งาน สามารถเพิ่มความถูกต้องและแม่นยำของขนาดยาในการผสมยาเคมีบำบัดได้ในบางกรณีเมื่อเทียบกับการเตรียมโดยเภสัชกร การนำมาใช้ในการปฏิบัติงานอาจช่วยลดภาระงานและความเสี่ยงแก่บุคลากรผู้ปฏิบัติงานได้

เอกสารอ้างอิง

1. Strategy and Planning Division, Office of the Permanent Secretary, Ministry of Public Health. Public health statistics A.D.2022 [online]. 2022 [cited Oct 27, 2024]. Available from: spd.moph.go.th/wp-content/uploads/2023/11/Hstatistic65.pdf
2. Connor TH, DeBord G, Pretty JR, Oliver MS, Roth TS, Lees PSJ, et al. Evaluation of antineoplastic drug exposure of health care workers at three university-

based US cancer centers. *J Occup Environ Med.* 2010; 52: 1019-27.

3. Yaniv AW, Orsborn A, Bonkowski JJ, Chew L, Kramer I, Calabrese S, et al. Robotic IV medication compounding: recommendations from the international community of APOTECachemo users. *Am J Health Syst Pharm* 2017; 74: e40-0.
4. United States Pharmacopeia. Commentary on chapter <795>: Pharmaceutical compounding – Nonsterile preparations. USP–NF 2023 Issue 1 [online]. 2022 [cited Oct 27, 2024]. Available from: www.uspnf.com/sites/default/files/usp_pdf/EN/USPNF/usp-nf-commentary/795-commentary-20221101.pdf
5. NCSS. Pilot study sample size rules of thumb [online]. 2024 [cited Oct 27, 2024]. Available from: www.ncss.com/wp-content/themes/ncss/pdf/Procedures/PASS/Pilot_Study_Sample_Size_Rules_of_Thumb.pdf
6. Lukanawonakul A, Siripakornkarn T, Tungkasamit T. Effectiveness of chemotherapy preparation robots in terms of accuracy, precision, and working time for injectable anticancer drugs in patients at Udon Thani Cancer Hospital. *Journal of the Department of Medical Services* 2023; 48: 47-54.
7. Fierro Jr P, Nyer EK. The water encyclopedia: Hydrologic data and internet resources [online]. 2007 [cited Oct 27, 2024]. Available from: doi.org/10.1201/9781420012583
8. Horwitz W, Albert R. Precision in analytical measurements: Expected values and consequences in geochemical analyses. *Fresenius J Anal Chem* 1995; 351: 507–13.
9. Geersing TH, Klous MG, Franssen EJJ, van den Heuvel JJG, Crul M. Robotic compounding versus manual compounding of chemotherapy: Comparing dosing accuracy and precision. *Eur J Pharm Sci* 2020; 155: 105536.
10. Poppe LB, Savage SW, Eckel SF. Assessment of final product dosing accuracy when using volumetric technique in the preparation of chemotherapy. *J Oncol Pharm Pract* 2016; 22: 3-9.

11. Bhakta SB, Colavecchia AC, Coffey W, Curlee DR GK. Implementation and evaluation of a sterile compounding robot in a satellite oncology pharmacy. *Am J Heal Pharm* 2018; 75: S51–7.
12. Seger AC BC, 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: 344-9.
13. White R, Cassano-Piché A, Fields A, Cheng R, Easty A. Intravenous chemotherapy preparation errors: Patient safety risks identified in a pan-Canadian exploratory study. *J Oncol Pharm Pract* 2014; 20: 40–6.