

# การพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจใหม่แบบมีปฏิสัมพันธ์และประสิทธิภาพของหุ่นจำลอง

ดลรัตน์ รุจิวัฒนากร\* ปร.ด.(การพยาบาล)

วรรณภา ประไพพานิช\*\* ปร.ด.(การพยาบาล)

ศุภชัย ไพบูลย์\*\*\* วศ.ด. (วิศวกรรมไฟฟ้า)

## บทคัดย่อขยาย :

การฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจใหม่เป็นหัตถการทางการพยาบาลที่สำคัญในการฉีดยาและ การการบริหารยาฉีดในคลินิก ซึ่งต้องอาศัยความรู้ด้านกายวิภาคศาสตร์ หลักการเตรียมยา เทคนิค ปลอดภัยและเทคนิคการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจใหม่ เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อน จากการฉีดยาไม่ถูกชั้นกล้ามเนื้อ การเลือกตำแหน่งกล้ามเนื้อและขนาดของเข็มฉีดยาไม่ถูกต้อง การฝึกฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจใหม่กับหุ่นจำลองในห้องปฏิบัติการทักษะการพยาบาลเป็นประสบการณ์ เรียนรู้ที่สำคัญต่อการพัฒนาทักษะการฉีดยาของนักศึกษาพยาบาล แต่ยังคงขาดหุ่นจำลองเสมือนจริงที่ให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับความถูกต้องของการปฏิบัติ การวิจัยและพัฒนาที่มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจใหม่แบบมีปฏิสัมพันธ์ให้ข้อมูลป้อนกลับได้ และเปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจใหม่แบบมีปฏิสัมพันธ์กับ หุ่นจำลองแบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อและแบบชุดแขนส่วนบน กรอบแนวคิดการวิจัยและพัฒนานี้เชื่อมโยงแนวคิดทฤษฎีประสบการณ์ของเดลกับหลักกายวิภาคศาสตร์ร่วมกับหลักวิศวกรรมชีวการแพทย์ โดยเน้นให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่เหมือนจริงจากการฉีดยากับหุ่นจำลองที่มีลักษณะกล้ามเนื้อ หัวใจช่องว่างผู้ใหญ่ และการมีระบบป้อนกลับผ่านตัวส่งและรับสัญญาณของวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ และสัญญาณเสียงให้ข้อมูลป้อนกลับเมื่อผู้เรียนแทงเข็มฉีดยาในตำแหน่งและความลึกที่ถูกต้อง ทำให้ผู้เรียนประเมินผลการปฏิบัติของตนเองได้และเกิดความเชื่อมั่นในตนเอง ดำเนินการวิจัย 4 ระยะ คือ 1) ศึกษาความต้องการการพัฒนาหุ่นจำลองและทบทวนวรรณกรรม 2) พัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจใหม่แบบมีปฏิสัมพันธ์ 3) ประเมินประสิทธิผลของหุ่นจำลองฯ และ 4) ปรับปรุงแก้ไขหุ่นจำลองฯ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 2 มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง ลงทะเบียนเรียนวิชาการพยาบาลรากฐานจำนวน 60 ราย และอาจารย์พยาบาลจำนวน 6 ราย รวมทั้งหมด 66 ราย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ หุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจใหม่แบบมีปฏิสัมพันธ์ แบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อและแบบชุดแขนส่วนบนที่มีสายรัด สัญญาณไฟและเสียง

\*Corresponding author, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โรงเรียนพยาบาลรามาธิบดี คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล, E-mail: dolrat.ruj@mahidol.edu

\*\*อาจารย์ โรงเรียนพยาบาลรามาธิบดี คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล

\*\*\*รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

วันที่รับบทความ 19 ตุลาคม 2567 วันที่แก้ไขบทความ 25 มกราคม 2568 วันตอบรับบทความ 27 มกราคม 2568

เก็บรวบรวมข้อมูลโดยให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบจิตวิทยาทางกล้ามเนื้อกับหุ่นจำลอง 3 แบบ ได้แก่ แบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อ แบบมีปฏิสัมพันธ์ และแบบชุดแขนส่วนบน ตามลำดับ ใช้เวลาแบบละ 5 นาที รวมเวลาการทดสอบทั้งหมด 15 นาที และใช้แบบประเมินประสิทธิผลของหุ่นจำลองการจิตวิทยาทางกล้ามเนื้อ 4 ด้าน ได้แก่ (1) ความเหมือนจริง (2) การเสริมสร้างทักษะการจิตวิทยาทางกล้ามเนื้อ (3) การเสริมสร้างทัศนคติต่อการปฏิบัติกายภาพ และ (4) การนำไปใช้โดยใช้เวลาคือ 5 นาที รวมเวลาเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด 20 นาที วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติบรรยาย การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำและวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยใช้สถิติบนเพอร์โรนี ในกลุ่มนักศึกษาพยาบาล การทดสอบฟรیدแมนและวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยใช้สถิติบนเพอร์โรนีในกลุ่มอาจารย์พยาบาล

ผลการวิจัยพบว่า หุ่นจำลองการจิตวิทยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่แบบมีปฏิสัมพันธ์มีลักษณะเป็นผู้ใหญ่เพศชายครึ่งตัว กล้ามเนื้อหัวไหล่หลุดจากซิลิโคนสีขาวเหลือง มีระบบสัญญาณเสียงเป็นคำพูดเมื่อแทงเข็มในตำแหน่งและความลึกได้ถูกต้อง ประสิทธิภาพโดยรวมของหุ่นจำลองการจิตวิทยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่ 3 แบบในกลุ่มนักศึกษาพยาบาลแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F_{2,118} = 56.83, p < .001$ ) ประสิทธิภาพโดยรวมของหุ่นจำลองการจิตวิทยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่แบบมีปฏิสัมพันธ์ในนักศึกษาพยาบาลสูงกว่าแบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อและแบบชุดแขนส่วนบนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ตามลำดับ ( $MD = -1.15, SE = .13, p < .001, 95\% CI = [-1.469, -.840]; MD = -.86, SE = .11, p < .001, 95\% CI = [-1.122, -.597]$ ) ประสิทธิภาพโดยรวมของหุ่นจำลองการจิตวิทยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่แบบชุดแขนส่วนบนในนักศึกษาพยาบาลสูงกว่าแบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ( $MD = -.29, SE = .10, p < .05, 95\% CI = [-.546, -.045]$ ) นอกจากนี้ในกลุ่มอาจารย์พยาบาล ประสิทธิภาพโดยรวมของหุ่นจำลองการจิตวิทยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่ 3 แบบในกลุ่มอาจารย์พยาบาลแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $\chi^2 (2, N=6) = 9.65, p < .01$  ประสิทธิภาพโดยรวมของหุ่นจำลองการจิตวิทยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่แบบมีปฏิสัมพันธ์สูงกว่าแบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $z = -1.75, p < .01$ ) ผลการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่าหุ่นจำลองการจิตวิทยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่ที่มีลักษณะเหมือนจริงและให้ข้อมูลป้อนกลับได้ ช่วยให้ปฏิบัติตามขั้นตอนการจิตวิทยาได้ครบถ้วน สะดวก และประเมินความถูกต้องของการปฏิบัติได้ ควรนำไปใช้ในการฝึกทักษะการจิตวิทยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่ของนักศึกษาพยาบาล เพื่อพัฒนาทักษะให้แม่นยำ ส่งเสริมความตระหนักถึงความปลอดภัยและความสุขสบายของผู้ป่วย การพัฒนาและวิจัยต่อไปควรสร้างปมกระดูกหัวไหล่ที่มีกระดูกสะบักดำได้ชัดเจน มีความหนืดของชั้นกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นขณะถอนเข็มจิตยาออก มีระยะเวลาของการประเมินประสิทธิผลหลายครั้ง และเพิ่มขนาดตัวอย่างกลุ่มอาจารย์พยาบาลในการเปรียบเทียบประสิทธิผล

**คำสำคัญ :** กล้ามเนื้อหัวไหล่ หุ่นจำลองการจิตวิทยาทางกล้ามเนื้อแบบมีปฏิสัมพันธ์ การจิตวิทยาทางกล้ามเนื้อ

# The Development of an Interactive Deltoid Intramuscular Injection Simulator and Its Effectiveness

*Dolrat Rujiwatthanakorn\* Ph.D. (Nursing)*

*Wonnapha Prapaipanich\*\* Ph.D. (Nursing)*

*Supachai Phaiboon\*\*\* D.Eng. (Electrical Engineering)*

## **Extended Abstract:**

Intramuscular injection in the deltoid muscle is a critical nursing procedure for vaccine administration and injectable medications in clinical settings. This procedure requires knowledge of human anatomy, principles of medication preparation, aseptic techniques, and appropriate injection methods to minimize complications arising from incorrect muscle layer injection, improper site selection, and inappropriate needle size. Practicing intramuscular injections on simulation models in nursing skills laboratories provides essential learning experiences for nursing students. However, conventional simulation models lack real-time feedback on the accuracy of the procedure. This research and development study aimed to develop an interactive shoulder intramuscular injection simulator that provides practice feedback and compares its effectiveness with traditional muscle part and upper-arm simulators. The conceptual framework integrated Dale's Cone of Experience with anatomical principles and biomedical engineering techniques, emphasizing realistic learning experiences. The developed simulator replicates an adult deltoid muscle. It incorporates a feedback system using electronic sensors and auditory signals to indicate correct needle placement and depth, allowing learners to self-assess and build confidence. The study was conducted in four phases: 1) needs assessment and literature review, 2) development of the interactive shoulder intramuscular injection simulator, 3) evaluation of the simulator's effectiveness, and 4) refinement and modification of the simulator.

The samples included 60 second-year nursing students enrolled in a fundamental nursing course at a university and six nursing instructors, totaling 66 participants. The study utilized three types of simulators: the interactive shoulder intramuscular injection simulator, a muscle part simulator, and an upper-arm simulator

---

*\*\*\*Corresponding author, Assistant professor, Ramathibodi School of Nursing, Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital, Mahidol University, E-mail: dolrat.ruj@mahidol.ac.th*

*\*\*Instructor, Ramathibodi School of Nursing, Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital, Mahidol University*

*\*\*\*Associate Professor, Department of Electric Engineering, Faculty of Engineering, Bangkokthonburi University*

*Received October 19, 2024, Revised January 25, 2025, Accepted January 27, 2025*

with straps, light signals, and sound feedback. Data collection involved participants performing intramuscular injections using each of the three simulators in the following order: the muscle part, the upper-arm, and the interactive simulators. Each injection session lasted five minutes per simulator, totaling 15 minutes for all three simulators. Additionally, participants completed an evaluation form assessing the effectiveness of the simulators in four dimensions: 1) Realism: Skin and muscle anatomy, 2) Skill enhancement in muscle injection: site and depth, 3) Attitude improvement toward nursing practice: Safety and comfort, and 4) Practical application: Ease and suitability. The evaluation took five minutes, bringing the total data collection time to 20 minutes. Data were analyzed using descriptive statistics, repeated measures ANOVA, and pairwise comparison analysis using Bonferroni correction in nursing students, including the Friedman test, and Dunn-Bonferroni post hoc test in nursing instructors.

The interactive shoulder intramuscular injection simulator was designed as a half-body male adult with a deltoid muscle molded from yellowish-white silicone, equipped with electronic circuits to detect the position and depth of the needle and a sound system that provides verbal feedback when the needle is inserted correctly at the appropriate location and depth. The overall effectiveness of three types of simulators among nursing students differed significantly in at least one pair ( $F_{2,118} = 56.83$ ,  $p < .001$ ). significance level. The overall effectiveness of the interactive simulator for nursing students was significantly higher than that of the muscle part simulator and upper-arm simulator (MD = -1.15, SE = .13,  $p < .001$ , 95% CI = [-1.469, -.840]; MD = -.86, SE = .11,  $p < .001$ , 95% CI = [-1.122, -.597]) The overall effectiveness of the upper-arm simulator for nursing students was significantly higher than that of the muscle part simulator (MD = -.29, SE = .10,  $p < .05$ , 95% CI = [-.546, -.045]). Furthermore, among nursing instructors, the overall effectiveness of three types of simulators differed significantly in at least one pair  $\chi^2(2, N=6) = 9.65$ ,  $p < .01$ ). The overall effectiveness of the interactive simulator for nursing instructors was significantly higher than that of the muscle part simulator ( $z = -1.75$ ,  $p < .01$ ). The findings indicate that a realistic simulator with feedback mechanisms enhances intramuscular injection procedures' accuracy, convenience, and self-assessment. The interactive shoulder intramuscular injection simulator should be integrated into nursing education to improve injection skills, promote safety awareness, and ensure patient comfort. Future development and research should incorporate a palpable scapula bone and an acromion process, enhance muscle resistance upon needle withdrawal, extend the evaluation period, and increase the nurse instructor sample size for effectiveness comparison.

**Keywords:** Deltoid muscle, Interactive simulator, Intramuscular injection, Simulator-training effectiveness

## ความสำคัญของปัญหา

การฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจเป็นหัตถการทางการแพทย์ที่สำคัญ ใช้อยู่ในการวินิจฉัยและการบริหารยาฉีดในคลินิก<sup>1</sup> เป็นหัตถการที่ต้องอาศัยความรู้ด้านกายวิภาคศาสตร์การตัดสินใจเลือกตำแหน่งฉีดยา หลักการเตรียมยา เทคนิคปลอดเชื้อ และเทคนิคการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจ<sup>2</sup> หากปฏิบัติไม่ถูกต้องจะเกิดภาวะแทรกซ้อน เช่น อาการปวด ผิวน้ำแข็ง การเกิดเลือดคั่งใต้ผิวหนังจากการฉีดยาไม่ถูกชั้นกล้ามเนื้อหรือการบาดเจ็บของหลอดเลือด ผิหรือการติดเชื้อมากจากการไม่ใช้เทคนิคปลอดเชื้อ อาการชาและการบาดเจ็บของเส้นประสาทหรือหลอดเลือดจากการเลือกตำแหน่งกล้ามเนื้อและขนาดของเข็มฉีดยาไม่ถูกต้อง<sup>1</sup> ซึ่งการลดความเสี่ยงของภาวะแทรกซ้อนทำได้โดยการเลือกตำแหน่งกล้ามเนื้อและขนาดของเข็มฉีดยาอย่างถูกต้อง<sup>1,2</sup> และการฝึกฝนการฉีดยาทางกล้ามเนื้อกับหุ่นจำลองในห้องปฏิบัติการทักษะการพยาบาล ซึ่งช่วยให้นักศึกษาพยาบาลพัฒนาความแม่นยำและลดความเสี่ยงต่อผู้ป่วย โดยมีอัตราความสำเร็จของการฉีดยาทางกล้ามเนื้ออยู่ที่ร้อยละ 32-52<sup>3</sup> แต่เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 75 เมื่อฝึกกับหุ่นจำลอง<sup>4</sup>

หุ่นจำลองที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นสื่อการสอนที่สำคัญในการจัดการเรียนการสอนเรื่องการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจให้กับนักศึกษาพยาบาล ซึ่งตามกรอบแนวคิดทฤษฎีประสบการณ์ของเดอล<sup>5</sup> วิธีการจัดประสบการณ์เรียนรู้มีผลต่อความสามารถในการรับรู้และการคงอยู่ของผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ผู้สอนจึงต้องตระหนักถึงรูปแบบกิจกรรมและการนำเสนอใช้เพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการฝึกการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจกับหุ่นจำลองเป็นกระบวนการเรียนรู้เชิงรุก (active learning) ซึ่งผู้เรียนมีโอกาสเรียนรู้จากการปฏิบัติหรือลงมือทำสอดคล้องกับการทำงานของสมองที่เก็บความจำที่

เรียนรู้จากการกระทำในระบบความจำระยะยาว ทำให้สิ่งที่เรียนรู้คงอยู่ได้ในปริมาณมากและเป็นระยะเวลาาน ผู้เรียนรู้จำสิ่งที่เรียนรู้ได้เมื่อเวลาผ่านไปสองสัปดาห์เพิ่มขึ้นร้อยละ 75 สูงกว่ากระบวนการเรียนรู้เชิงรับ (passive learning) เช่น การอ่านคู่มือการพยาบาล เป็นต้น จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การฝึกการฉีดยาทางกล้ามเนื้อกับหุ่นจำลองสามารถเพิ่มพูนความรู้เดิมเกี่ยวกับเทคนิคการฉีดยาและลดความวิตกกังวลที่จะทำให้ผู้ป่วยได้รับอันตราย<sup>7</sup> และสามารถฝึกซ้ำๆ ได้หลายครั้งจนเกิดความชำนาญโดยไม่เกิดอันตราย<sup>8</sup> อาจารย์ผู้สอนสาขาวิชาพยาบาลศาสตร์จึงต้องพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจที่มีประสิทธิภาพเสมือนจริงมากที่สุด ซึ่งต้องใช้หลักกายวิภาคศาสตร์ร่วมกับหลักวิศวกรรมชีวการแพทย์

ในปัจจุบันหลักสูตรพยาบาลศาสตรบัณฑิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง จัดการเรียนการสอนหัตถการฉีดยาทางกล้ามเนื้อสำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 แบบกลุ่มย่อย โดยให้ศึกษาเนื้อหาผ่านวิดีโอทัศน์และคู่มือปฏิบัติหัตถการในระบบการเรียนอิเล็กทรอนิกส์ก่อนเข้าเรียนชมการสาธิตจากอาจารย์ในห้องเรียน และฝึกซ้อมกับหุ่นจำลองในห้องเรียนและนอกเวลาเรียน อย่างไรก็ตาม หุ่นจำลองที่ใช้ในปัจจุบันมีข้อจำกัดด้านความเสมือนจริงและการฝึกปฏิบัติตามขั้นตอน ดังนี้ (1) แบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อ ผลิตจากยางพาราหุ้มฟองน้ำ ไม่มีฐานรองรับทำให้จับไม่ถนัดต้องออกแรงแทงเข็มมากกว่าปกติและเสี่ยงเข็มแทงทะลุ จึงต้องวางบนพื้นโต๊ะขณะฝึกฉีดยา และ (2) แบบชุดแขนส่วนบน ผลิตจากซิลิโคนวางบนฐานที่มีสายรัด มีระบบสัญญาณไฟและเสียงเตือนให้ทราบว่าฉีดยาถูกหรือผิดตำแหน่ง แต่มีความหนาน้อยกว่า 1 นิ้ว ทำให้แทงเข็มได้ตื้นกว่ากล้ามเนื้อหัวใจจริง ไม่มีท่อระบายของเหลวและเสื่อมสภาพง่ายภายหลังใช้งานพบว่า มีเชื้อราอยู่ด้านในและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ชำรุดจนไม่สามารถซ่อมแซมได้ ผู้สอนแก้ไขเฉพาะหน้าโดยใช้กระบอกฉีดยาเปล่าและเข็ม

ฉีดยาขณะฝึกฉีดยา ข้อจำกัดเหล่านี้ส่งผลให้นักศึกษาพยาบาลไม่สามารถฝึกปฏิบัติตามขั้นตอนการฉีดยาได้ครบถ้วน และขาดข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับความถูกต้องของการปฏิบัติ ทำให้ไม่ทราบว่าจะทำได้ถูกต้องหรือไม่

ส่วนการศึกษาการพัฒนาหุ่นจำลองฉีดยาทางกล้ามเนื้อพบว่า ไม่มีการเปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างหุ่นจำลองที่พัฒนาใหม่กับหุ่นจำลองอื่น<sup>7-10</sup> หุ่นจำลองที่พัฒนาส่วนใหญ่ผลิตจากวัสดุที่ดูดซับของเหลว เช่น ยางพาราหุ้มฟองน้ำ<sup>7</sup> ฟองน้ำขามัว<sup>8</sup> ซิลิโคนและฟองน้ำ<sup>9</sup> เป็นต้น จึงสามารถด้นยาฉีดเข้าไปในหุ่นจำลองได้ โดยแบบซิลิโคนและฟองน้ำมีรูอยู่ระหว่างชั้นไขมันและชั้นกล้ามเนื้อจึงลดปัญหาน้ำไหลออกจากฟองน้ำได้<sup>18</sup> และส่วนใหญ่เคลื่อนย้ายได้สะดวก<sup>7-9</sup> อย่างไรก็ตาม หุ่นจำลองเหล่านี้มีข้อจำกัด เช่น ลักษณะกล้ามเนื้อหัวใจมีรูปร่างที่ไม่ตรงตามหลักกายวิภาคศาสตร์และไม่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับเพื่อบอกความถูกต้องของการฉีดยา เป็นต้น<sup>7-9</sup> ในขณะที่ต้นแบบหุ่นจำลองการฉีดยากล้ามเนื้อทารกแรกเกิดแบบวงจรวีดิทัศน์สามารถให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยระบบเสียง แต่มีข้อจำกัดเรื่องน้ำหนักของหุ่นจำลองความปลอดภัย และรูปแบบในการให้ข้อมูลย้อนกลับ<sup>10</sup> จึงยังต้องพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสมจริง นอกจากนี้ การศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาหุ่นจำลองทางการพยาบาลที่ให้ข้อมูลป้อนกลับได้<sup>11</sup> พบว่าหุ่นจำลองแขนการให้สารน้ำทางหลอดเลือดดำที่ให้ข้อมูลป้อนกลับได้ ซึ่งผลิตจากซิลิโคนมีความยาวจากต้นแขนถึงมือ มีสายยางแทนหลอดเลือดตั้งแต่ต้นแขนถึงหลังมือ หุ้มด้วยฟองน้ำและถุงมือยาง และต่อระบบหมุนเวียนเลือดโดยใช้หลักแรงโน้มถ่วงเพื่อสร้างแรงดันในหลอดเลือดดำ เมื่อแทงเข็มถูกตำแหน่ง เลือดจะไหลย้อนกลับมาที่เข็ม ทำให้นักศึกษารับรู้ว่าการปฏิบัติถูกต้องมีประสิทธิผลมากกว่าหุ่นจำลองที่ทำจากถุงมือยางที่ใช้ในงานบ้านและใส่ฟองน้ำที่ติดสายยางแทนหลอดเลือดไว้ด้านใน<sup>11</sup> และการศึกษาการเรียนการสอน

แบบจำลองสถานการณ์ต่อความรู้และทักษะการปฏิบัติของนักศึกษาพยาบาลในการช่วยชีวิตขั้นพื้นฐานพบว่าการใช้หุ่นจำลองการฟื้นคืนชีพแบบให้ข้อมูลป้อนกลับได้มีประโยชน์ต่อการพัฒนาและการคงอยู่ของทักษะการช่วยชีวิตขั้นพื้นฐาน<sup>12</sup>

เนื่องจากการศึกษาการพัฒนาหุ่นจำลองฉีดยาทางกล้ามเนื้อไหลส่วนใหญ่ไม่มีการเปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างหุ่นจำลองที่พัฒนาใหม่กับหุ่นจำลองอื่น และการพัฒนาหุ่นจำลองฯ ยังมีข้อจำกัด ได้แก่ การมีรูปร่างที่ไม่สะท้อนลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์และไม่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับตำแหน่งและความลึกการแทงเข็มฉีดยาที่ต้องการ<sup>7-9</sup> ร่วมกับหุ่นจำลองทั้งแบบชั้นส่วนกล้ามเนื้อและแบบชุดแขนส่วนบน ซึ่งใช้ในการเรียนการสอนปัจจุบันมีข้อจำกัดด้านความเสมือนจริงและการฝึกปฏิบัติตามขั้นตอนของการฉีดยาทางกล้ามเนื้อ ในขณะที่หุ่นจำลองการให้สารน้ำทางหลอดเลือดดำ<sup>11</sup> และการช่วยชีวิตขั้นพื้นฐาน<sup>12</sup> ที่ให้ข้อมูลป้อนกลับได้ สามารถเพิ่มความรู้และทักษะในการปฏิบัติหัตถการทางการพยาบาลในการศึกษารุ่นนี้ ผู้วิจัยจึงพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อแบบมีปฏิสัมพันธ์ ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับมนุษย์ สามารถแทงเข็มตามตำแหน่งและความลึกของชั้นกล้ามเนื้อ มีท่อระบายของเหลว และให้ข้อมูลป้อนกลับเมื่อแทงเข็มฉีดยาในตำแหน่งและความลึกที่ต้องการได้ เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนรู้นักศึกษาพยาบาลและสื่อการสอนของอาจารย์พยาบาล

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจแบบมีปฏิสัมพันธ์ที่ให้ข้อมูลป้อนกลับได้
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจแบบมีปฏิสัมพันธ์กับแบบชั้นส่วนกล้ามเนื้อและแบบชุดแขนส่วนบน

## การพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจแบบมีปฏิสัมพันธ์และประสิทธิผลของหุ่นจำลอง

### กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยและพัฒนาหุ่นจำลองสำหรับการฝึกฉีดยาทางกล้ามเนื้อสามารถเชื่อมโยงได้กับแนวคิดกรวยประสบการณ์ (cone of experience) ของเดล<sup>5</sup> กับหลักกายวิภาคศาสตร์ ร่วมกับหลักวิศวกรรมชีวการแพทย์<sup>13</sup> โดยเน้นให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่เหมือนจริงจากการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและสภาพแวดล้อมการฝึก ผ่านการปฏิบัติจริงและการรับข้อมูลป้อนกลับ เพื่อพัฒนาทักษะและความเข้าใจอย่างต่อเนื่อง ตามแนวคิดกรวยประสบการณ์ของเดล<sup>5</sup> แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดประสบการณ์เรียนรู้มีผลโดยตรงต่อการจดจำและคงอยู่ของผลการเรียนรู้โดยประสบการณ์ที่ใกล้เคียงกับของจริงมากที่สุด จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจและจดจำได้ยาวนานกว่าการเรียนรู้แบบทฤษฎีเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้การเรียนรู้ที่มีการลงมือปฏิบัติจริงและใช้สื่อที่มีความเหมือนจริงจะช่วยให้ผู้เรียนจดจำได้ถึง 90% หลังผ่านไปสองสัปดาห์<sup>14</sup> ซึ่งในกรณีของการฝึกฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจ การฝึกฉีดยากับหุ่นจำลองที่มีความเสมือนจริงตามหลักกายวิภาคศาสตร์ โดยแสดงตำแหน่งของกระดูกหัวใจและกล้ามเนื้อหัวใจอย่างชัดเจน มีความยืดหยุ่นของชั้นผิวหนังและชั้นกล้ามเนื้อเลียนแบบชั้นกล้ามเนื้อหัวใจของวัยผู้ใหญ่ ทำให้ผู้เรียนระบุตำแหน่งการฉีดยาได้สะดวก และมีประสบการณ์ที่ใกล้เคียงกับการปฏิบัติในสถานการณ์จริง และการมีระบบป้อนกลับตามหลักวิศวกรรมชีวการแพทย์<sup>13</sup> ผ่านตัวส่งและรับสัญญาณของวงจรถอดรหัสและสัญญาณเสียงพูดให้ข้อมูลป้อนกลับเมื่อผู้เรียนแทงเข็มฉีดยาในตำแหน่งและความลึกที่ถูกต้อง ทำให้ผู้เรียนประเมินผลการปฏิบัติของตนเองได้และเกิดความเชื่อมั่นในตนเอง ทำให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ

### สมมติฐานการวิจัย

ประสิทธิผลของหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจแบบมีปฏิสัมพันธ์มากกว่าหุ่นจำลองแบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อและแบบชุดแขนส่วนบน

### วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยและพัฒนา (research and development) ดำเนินการวิจัยเป็น 4 ระยะดังนี้

**ระยะที่ 1 (Research: R1)** การศึกษาความต้องการพัฒนาหุ่นจำลองและการทบทวนวรรณกรรม ผู้วิจัยวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการเกี่ยวกับหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจที่ใช้ในการเรียนการสอนในปัจจุบัน จากการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างกับนักศึกษาพยาบาล ชั้นปีที่ 2 จำนวน 24 คนที่เคยเรียนหัตถการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจในปีก่อน พบว่าหุ่นจำลองที่ใช้ปัจจุบันเป็นแบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อ มีข้อจำกัดเรื่องไม่มีฐานรองรับ ต้องใช้แรงแทงเข็มมากกว่าปกติและเสียงโดนเข็มแทงทะลุ และแบบชุดแขนส่วนบนมีข้อจำกัดเรื่องความหนาน้อยกว่าปกติ ทำให้แทงเข็มได้ตื้นกว่าชั้นกล้ามเนื้อจริง และไม่มีท่อระบายของเหลวทำให้วงจรถอดรหัสชำรุด ซึ่งทั้ง 2 แบบขาดความเสมือนจริงตามหลักกายวิภาคศาสตร์ และไม่มีข้อมูลป้อนกลับให้กับผู้ใช้งานว่าสามารถฉีดยาได้ถูกต้องหรือไม่ ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องได้แก่ กรอบแนวคิดกรวยประสบการณ์ของเดล หลักกายวิภาคศาสตร์และหลักวิศวกรรมชีวการแพทย์ เพื่อพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจแบบมีปฏิสัมพันธ์

**ระยะที่ 2 (Development1: D1)** การพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจแบบมีปฏิสัมพันธ์ ผู้วิจัยออกแบบหุ่นจำลองฯ ให้มีลักษณะคล้ายกับมนุษย์ พัฒนาต้นแบบวงจรถอดรหัสเพื่อให้

ข้อมูลป้อนกลับได้ และพัฒนาชั้นผิวหนังและกล้ามเนื้อตามหลักกายวิภาคศาสตร์แล้วทดลองใช้งาน ปรับปรุงจนได้ต้นแบบหุ่นจำลองฯ ซึ่งมีลักษณะเป็นผู้นักศึกษาชายครึ่งตัว กล้ามเนื้อหัวใจหล่อจากซิลิโคน มีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีตัวรับรู้ตำแหน่งและความลึกของเข็มฉีดยา มีระบบป้อนกลับด้วยเสียงพูดเมื่อแทงเข็มฉีดยา ในตำแหน่งและความลึกถูกต้อง และมีทอระบายของเหลวออกจากชั้นกล้ามเนื้อ นำหุ่นจำลองที่พัฒนาขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่เป็นอาจารย์พยาบาลที่เชี่ยวชาญการสอนหัตถการการฉีดยาทางกล้ามเนื้อตรวจสอบคุณภาพจำนวน 3 คน ผู้วิจัยปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิเรื่องความดังของระบบเสียง นำไปทดลองใช้ก่อนทดสอบประสิทธิผลของหุ่นจำลองฯ

**ระยะที่ 3 (Research2: R2) การศึกษาประสิทธิผลของหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจหล่อแบบมีปฏิสัมพันธ์** ด้วยการนำหุ่นจำลองฯ แบบมีปฏิสัมพันธ์ไปให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบฉีดยาทางกล้ามเนื้อ โดยเปรียบเทียบกับหุ่นจำลองแบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อและแบบชุดแขนส่วนบน แบบกลุ่มเดี่ยววัดประสิทธิผลหลังการใช้งานหุ่นจำลอง 3 แบบ(single group, post-test design using three types of simulation models)

**ระยะที่ 4 (Development2: D2) ระยะปรับปรุงและพัฒนา** ประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูลจากผลการวิจัย และข้อคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่าง นำมาปรับปรุงและพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจหล่อแบบมีปฏิสัมพันธ์ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

ประชากรที่ใช้ในการทดลองเป็นนักศึกษายาบาลชั้นปีที่ 2 ซึ่งลงทะเบียนรายวิชาการพยาบาลรากฐานและการปฏิบัติการพยาบาลรากฐาน ในภาคการศึกษาที่ 1 และ 2 ตามลำดับ จำนวน 200 ราย และอาจารย์พยาบาลผู้สอนจำนวน 12 ราย การประมาณค่าขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยกำหนดค่า  $\beta$  (power of analysis) = 0.8,  $\alpha$  (level of significance) = .05, effect

size = .40, df = 2 จากนั้นเปิดตารางสำเร็จรูปของโคเฮิน<sup>14</sup> ได้กลุ่มตัวอย่างที่ต้องใช้ในการวิจัยเท่ากับ 63 ราย คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โดยเป็นนักศึกษาที่มีประสบการณ์ฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจหล่อกับเพื่อน นักศึกษาพยาบาลอย่างน้อย 1 ครั้ง หรือเป็นอาจารย์พยาบาลผู้สอนรายวิชาการพยาบาลรากฐานและปฏิบัติการพยาบาลรากฐาน และมีประสบการณ์ฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจหล่ออย่างน้อย 1 ครั้ง และสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย ซึ่งมีผู้ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยจำนวน 66 ราย เป็นนักศึกษายาบาลจำนวน 60 ราย และอาจารย์พยาบาลจำนวน 6 ราย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ส่วน ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย และเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย

1. หุ่นจำลองแบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อ (muscle part simulator) เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำเข้ามาจำหน่ายในประเทศไทย มีลักษณะเป็นชิ้นส่วนกล้ามเนื้อหัวใจหล่อผลิตจากแผ่นยางหุ้มฟองน้ำและไม่มีฐานรองรับ ดังภาพที่ 1 (Figure 1)

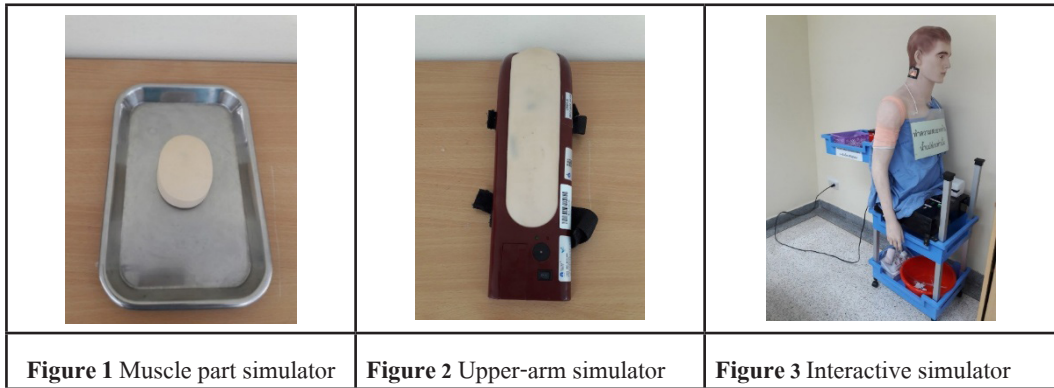
2. หุ่นจำลองแบบชุดแขนส่วนบน (upper-arm simulator) เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำเข้ามาจำหน่ายในประเทศไทย มีลักษณะเป็นชุดแขนส่วนบนผลิตจากซิลิโคนยึดติดกับฐาน มีสายรัด และมีระบบสัญญาณไฟและเสียงเพื่อให้ข้อมูลป้อนกลับ แต่ไม่มีทอระบายของเหลวจากตำแหน่งที่แทงเข็มฉีดยาออกสู่ภายนอก ดังภาพที่ 2 (Figure 2)

3. หุ่นจำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ (interactive simulator) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามแนวคิดทอระบายประสิทธิผลของเดลและหลักกายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจหล่อ<sup>7</sup> ได้แก่ หุ่นจำลองที่มีลักษณะภายนอกเป็นหุ่นผู้นักศึกษาชายครึ่งตัวกล้ามเนื้อหัวใจหล่อผลิตจากซิลิโคนผสมสีขาเหลืองสามารถวางนิ้วมือบนหัวใจหล่อเพื่อหาตำแหน่งฉีดยา

## การพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาทงกล้ามเนื้อหัวใจแบบมีปฏิสัมพันธ์และประสิทธิผลของหุ่นจำลอง

มีความหนาของชั้นกล้ามเนื้อ 1 นิ้วครึ่ง มีระบบสัญญาณเสียงเป็นคำพูด เพื่อให้ข้อมูลป้อนกลับ เมื่อแทงเข็ม

ฉีดยาในตำแหน่งที่ถูกต้อง และมีท่าระบายของเหลวจากตำแหน่งฉีดยาสู่ภายนอก ดังภาพที่ 3 (Figure 3)



ทั้งนี้ หุ่นจำลองแบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อและแบบชุดแขนส่วนบนเป็นหุ่นจำลองที่ใช้อยู่เดิมอย่างแพร่หลาย และนำมาใช้เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลของหุ่นจำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1. แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ ตำแหน่ง และประสบการณ์การฉีดยาทงกล้ามเนื้อหัวใจกับคนจริง

2. แบบสอบถามประสิทธิผลของหุ่นจำลองการฉีดยาทงกล้ามเนื้อหัวใจ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรม มีข้อความทั้งหมด 11 ข้อ 4 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านความเหมือนจริงจำนวน 2 ข้อ (2) ด้านการเสริมสร้างทักษะการฉีดยาทงกล้ามเนื้อจำนวน 5 ข้อ ซึ่งสร้างข้อความจากแนวคิดทฤษฎีประสบการณ์ของเดอล<sup>5</sup> และการปฏิบัติตามหลักฐานเชิงประจักษ์เรื่องการฉีดยาทงกล้ามเนื้อ<sup>15</sup> (3) ด้านการเสริมสร้างทัศนคติต่อการปฏิบัติการพยาบาลจำนวน 2 ข้อ ซึ่งสร้างจากหลักจริยธรรมในทฤษฎีจริยศาสตร์เรื่องการไม่ทำอันตราย<sup>16</sup> และจรรยาบรรณวิชาชีพการพยาบาล<sup>17</sup> และ (4) ด้านการนำไปใช้จำนวน 2 ข้อ ซึ่งสอดคล้องกับ

วัตถุประสงค์ของรายวิชาปฏิบัติการพยาบาลรากฐาน 2 ซึ่งมุ่งเน้นการนำไปใช้ปฏิบัติจริง ลักษณะคำตอบเป็นแบบมาตราประมาณค่าของลิเคิร์ต 5 ระดับ ตั้งแต่ น้อยที่สุด (1 คะแนน) ถึงมากที่สุด (5 คะแนน) คิดคะแนนโดยการหาค่าเฉลี่ยจากคะแนนรวม ค่าคะแนนที่เป็นไปได้อยู่ระหว่าง 1 คะแนน ถึง 5 คะแนน การแปลผลใช้เกณฑ์คะแนนเฉลี่ย ดังนี้ 3.68-5.00 คะแนน = ระดับประสิทธิผลมาก 2.34-3.67 คะแนน = ระดับประสิทธิผลปานกลาง 1.00-2.33 คะแนน = ระดับประสิทธิผลน้อย แบบสอบถามผ่านการตรวจสอบคุณภาพความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์พยาบาลผู้เชี่ยวชาญการสอนหัตถการการฉีดยาทงกล้ามเนื้อ มีค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาเท่ากับ .97 และทดสอบความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในกับนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 2 ของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งที่มีประสบการณ์ฉีดยาทงกล้ามเนื้อหัวใจกับคนจริงอย่างน้อย 1 ครั้ง ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 ราย และกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคเท่ากับ .92 และ .87 ตามลำดับ

## การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนของคณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล (COA.NO.MURA2018/433) ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนการพิทักษ์สิทธิโดยการแนะนำตัว อธิบายวัตถุประสงค์การวิจัย ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ประโยชน์หรือผลกระทบที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับ เปิดโอกาสให้ซักถามและอธิบายระยะเวลาที่ใช้ทดสอบหุ่นจำลองและตอบแบบสอบถาม การเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยครั้งนี้จะไม่มีผลกระทบต่อการศึกษาและคะแนนสอบของนักศึกษาพยาบาลและไม่มีผลกระทบต่อการสอนและคะแนนการประเมินผลการปฏิบัติงานของอาจารย์พยาบาล การฝึกหัดถนัดการการนิตยทางกล้ามเนื้อหัวใจและตอบแบบสอบถามใช้เวลาประมาณ 20 นาทีในกรณีที่เกิดความผิดพลาดหรือบาดเจ็บจากของมีคม ผู้วิจัยจะปฐมพยาบาลเบื้องต้นและพิจารณาการส่งต่อเพื่อความปลอดภัยของกลุ่มตัวอย่างผู้ที่สมัครใจเข้าร่วมวิจัยให้ลงชื่อในหนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ข้อมูลส่วนตัวจะเก็บรักษาเป็นความลับ และการนำเสนอข้อมูลทำในภาพรวมและไม่มีเปิดเผยชื่อ นามสกุลของผู้เข้าร่วมการวิจัย

## การเก็บรวบรวมข้อมูล

หลังจากได้รับการรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนฯ ผู้วิจัยขออนุญาตผู้อำนวยการโรงเรียนพยาบาลรามาธิบดีในการเข้าถึงนักศึกษาพยาบาลและอาจารย์พยาบาลที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อคัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นผู้วิจัยแนะนำตัว ชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัย ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล การพิทักษ์สิทธิและเปิดโอกาสให้ซักถามในสิ่งที่ไม่เข้าใจ ผู้วิจัยขอให้ผู้ที่

สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย ลงชื่อในเอกสารยินยอมโดยได้รับการบอกกล่าวและเต็มใจ ก่อนการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยเตรียมผู้ช่วยวิจัยเก็บข้อมูล 2 คน ซึ่งเป็นพยาบาล 1 คนและผู้ช่วยพยาบาล 1 คน โดยใช้แจ้งวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีใช้งานเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการเตรียมอุปกรณ์สำหรับฉีดยาทางกล้ามเนื้อ ลำดับการใช้หุ่นจำลอง 3 แบบ และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลและประสิทธิผลของหุ่นจำลองฯ ด้วยตนเอง ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้ช่วยวิจัยเตรียมอุปกรณ์ฉีดยา 3 ชุดให้กับกลุ่มตัวอย่าง จัดวางหุ่นจำลอง 3 แบบเรียงตามลำดับการทดสอบ ติดป้ายแสดงลำดับที่ของการฉีดยาไว้กับหุ่นจำลองแต่ละแบบ และให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบฉีดยาทางกล้ามเนื้อกับหุ่นจำลอง 3 แบบ ได้แก่ แบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อ แบบมีปฏิสัมพันธ์ และแบบชุดแขนส่วนบน ตามลำดับ ใช้เวลาแบบละ 5 นาที รวมเวลาการทดสอบทั้งหมด 15 นาที แล้วให้ทำแบบสอบถามด้วยตนเองจำนวน 1 ชุด ใช้เวลาตอบแบบสอบถาม 5 นาที ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างแต่ละคนใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด 20 นาที

## การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลและประสิทธิผลของหุ่นจำลองฯ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิผลระหว่างหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจ 3 แบบ ในกลุ่มนักศึกษาพยาบาลโดยใช้สถิติ one way repeated measure ANOVA ซึ่งผ่านการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องกระจายแบบปกติ (normal distribution) ด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov Test และเรื่องความแปรปรวนเท่ากัน ด้วยสถิติ Mauchly's Test of Sphericity และวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยใช้สถิติ Bonferroni และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิผล

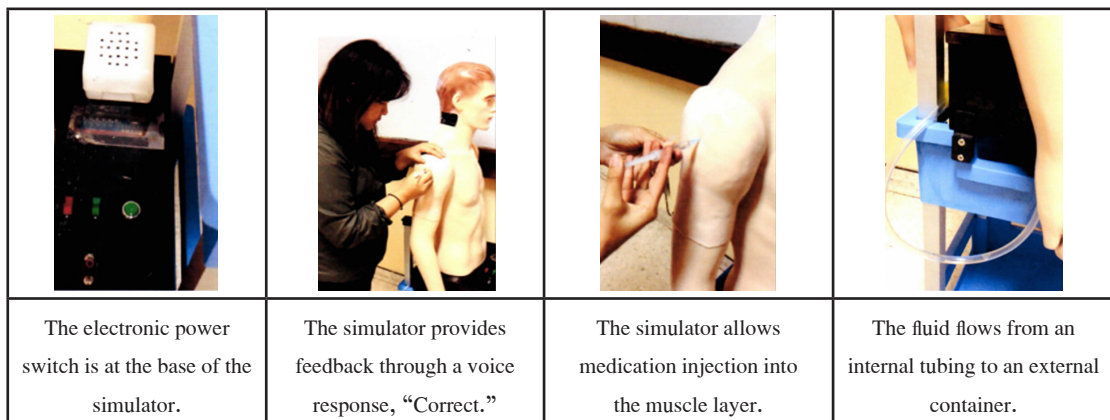
## การพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจแบบมีปฏิสัมพันธ์และประสิทธิผลของหุ่นจำลอง

ระหว่างหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจ 3 แบบ ในกลุ่มอาจารย์พยาบาลโดยใช้สถิติ Friedman test และวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยใช้สถิติ Dunn-Bonferroni post hoc test

### ผลการวิจัย

การพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อแบบมีปฏิสัมพันธ์ที่ให้ข้อมูลป้อนกลับได้ หุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจแบบมี

ปฏิสัมพันธ์ ลักษณะเป็นหุ่นผู้ใหญ่เพศชายครึ่งตัว มีโครงสร้างกระดูกไหปลาร้าและหัวใจ ซึ่งผลิตจากไฟเบอร์กลาสและตั้งอยู่บนฐานที่มีล้อชั้นผิวหนังและกล้ามเนื้อหล่อจากซิลิโคนสีขาวเหลืองและมีความหนา 1 นิ้ว เมื่อแทงเข็มฉีดยาผ่านตัวรับสัญญาณในตำแหน่งและความลึกที่ถูกต้อง จะให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยสัญญาณเสียงพูดว่า “ถูกต้องครับ” ผ่านลำโพง สามารถฉีดยาเข้าไปในชั้นกล้ามเนื้อได้ โดยของเหลวไหลจากท่อภายในหุ่นจำลองฯ ออกมาที่ขวดภายนอก



**Figure 4:** Characteristics and Mechanism of the Interactive Intramuscular Injection Simulator

ประสิทธิผลของหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจแบบมีปฏิสัมพันธ์กับแบบชิ้นกล้ามเนื้อและแบบแขนส่วนบน

ในการศึกษาครั้งนี้มีกลุ่มตัวอย่างสมัครใจเข้าร่วมทั้งหมด 66 รายจากข้อมูลส่วนบุคคลพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีอายุตั้งแต่ 20-51 ปี (Mean = 22.07, SD = 5.88) เกือบทั้งหมดเป็นเพศหญิง (ร้อยละ 98.50) กลุ่มนักศึกษาพยาบาลมีประสบการณ์การฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจกับคนจริงจำนวน 1 ครั้ง (ร้อยละ 100) ส่วนกลุ่มอาจารย์พยาบาลมีประสบการณ์การฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจกับคนจริงมากกว่าหรือเท่ากับ 6 ครั้ง (ร้อยละ 83.33) รองลงมาคือ 2-5 ครั้ง (ร้อยละ 16.67) ตามลำดับ

กลุ่มนักศึกษาพยาบาลมีค่าเฉลี่ยประสิทธิผลโดยรวมของหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจแบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อ (muscle part simulator) เท่ากับ 3.12 (SD = 0.85) อยู่ในระดับปานกลาง หุ่นจำลองฯ แบบชุดแขนส่วนบน (upper-arm simulator) เท่ากับ 3.41 (SD = 0.81) อยู่ในระดับปานกลาง และหุ่นจำลองฯ แบบมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive simulator) เท่ากับ 4.27 (SD = 0.47) อยู่ในระดับมาก โดยประสิทธิผลโดยรวมที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดได้แก่ ด้านการเสริมสร้างทัศนคติในการปฏิบัติพยาบาลเท่ากับ 4.45 (SD = 0.58) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดได้แก่ ด้านความเหมือนจริงเท่ากับ 4.15 (SD = 0.61) ดังแสดงในตารางที่ 1 (Table 1)

**Table 1** Mean and standard deviation of the effectiveness of three deltoid intramuscular injection simulators in nursing students (N = 60)

Effectiveness of deltoid intramuscular injection simulators	Muscle part simulator			Upper-arm simulator			Interactive simulator		
	Mean	SD	Level	Mean	SD	Level	Mean	SD	Level
<b>Total</b>	<b>3.12</b>	<b>0.85</b>	<b>Moderate</b>	<b>3.41</b>	<b>0.81</b>	<b>Moderate</b>	<b>4.27</b>	<b>0.47</b>	<b>High</b>
<b>Dimensions:</b>									
(1) Realism: Skin and muscle anatomy	3.41	0.82	Moderate	3.16	0.96	Moderate	4.15	0.61	High
2) Skill enhancement in muscle injection: Site and depth	3.18	0.93	Moderate	3.29	0.86	Moderate	4.19	0.56	High
3) Attitude improvement toward nursing practice: Safety and comfort	2.85	1.20	Moderate	3.73	0.96	High	4.45	0.58	High
4) Practical application: Ease and suitability	2.94	1.06	Moderate	3.66	.94	Moderate	4.44	0.60	High

กลุ่มอาจารย์พยาบาลมีค่าเฉลี่ยประสิทธิผลโดยรวมของหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่แบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อ (upper-part simulator) เท่ากับ 2.34 (SD = 1.06) อยู่ในระดับปานกลาง หุ่นจำลองแบบชุดแขนส่วนบน (upper-arm simulator) เท่ากับ 3.25 (SD = 0.80) อยู่ในระดับปานกลาง และหุ่นจำลอง

แบบมีปฏิสัมพันธ์ (interactive simulator) เท่ากับ 4.46 (SD = 0.35) อยู่ในระดับมาก โดยประสิทธิผลโดยรวมที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดได้แก่ ด้านความเสมือนจริงเท่ากับ 4.66 (SD=0.25) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดได้แก่ ด้านการนำไปใช้เท่ากับ 3.66 (SD = 0.60) ดังแสดงในตารางที่ 2 (Table 2)

**Table 2** Mean and standard deviation of the effectiveness of three deltoid intramuscular injection simulators in nursing instructors (N = 6)

Effectiveness of deltoid intramuscular injection simulators	Muscle part simulator			Upper-arm simulator			Interactive simulator		
	Mean	SD	Level	Mean	SD	Level	Mean	SD	Level
<b>Total</b>	<b>2.34</b>	<b>1.06</b>	<b>Moderate</b>	<b>3.25</b>	<b>0.80</b>	<b>Moderate</b>	<b>4.46</b>	<b>0.35</b>	<b>High</b>
<b>Dimensions:</b>									
1) Realism: Skin and muscle anatomy	2.91	1.06	Moderate	3.21	0.94	Moderate	4.66	0.25	High
2) Skill enhancement in muscle injection: Site and depth	2.40	1.16	Moderate	3.27	0.86	Moderate	4.56	0.29	High
3) Attitude improvement toward nursing practice: Safety and comfort	1.83	0.93	Low	3.70	0.95	High	4.25	0.61	High
4) Practical application: Ease and suitability	2.16	1.12	Moderate	3.62	0.93	Moderate	3.66	0.60	Moderate

การพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่แบบมีปฏิสัมพันธ์และประสิทธิผลของหุ่นจำลอง

การเปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อแบบมีปฏิสัมพันธ์กับแบบชิ้นกล้ามเนื้อและแบบแขนส่วนบน

กลุ่มนักศึกษาพยาบาล เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประสิทธิผลโดยรวม ระหว่างหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่ 3 แบบ โดยใช้สถิติความแปรปรวนแบบวัดซ้ำทางเดียว พบว่า ค่าเฉลี่ยประสิทธิผลโดยรวมระหว่างหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่ 3 แบบ แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 [ $F_{2,118} = 56.83, p < .001$ ] เมื่อเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้สถิติบอนเฟอรโรนีพบว่า ค่าเฉลี่ยประสิทธิผลโดยรวมของหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่

แบบมีปฏิสัมพันธ์ (interactive simulator) มากกว่าแบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อ (muscle part simulator) และแบบชุดแขนส่วนบน (upper-arm simulator) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับตามลำดับ (MD = -1.15, SE = .13,  $p < .001$ , 95% CI = [-1.469, -.840]; MD = -.86, SE = .11,  $p < .001$ , 95% CI = [-1.122, -.597]) ค่าเฉลี่ยประสิทธิผลของหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อแบบชุดแขนส่วนบน (upper-arm simulator) มากกว่าแบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อ (muscle part simulator) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (MD = -.29, SE = .10,  $p < .05$ , 95% CI = [-.540, -.045]) ดังแสดงในตารางที่ 3 (Table 3)

**Table 3** Comparison of the difference in effectiveness scores among using three types of simulators for deltoid intramuscular injection in nursing students using one-way repeated measures ANOVA and Bonferroni test (N = 60)

	SS	df	MS	F	Simulator comparison	MD	SE	95% CI (lower, upper)
Effectiveness score	43.17	2	21.58	56.83***	Muscle part vs. upper-arm	-.29*	.10	(-.546, -.045)
Error	44.81	118	.38		Muscle part vs. interactive	-1.15***	.13	(-1.469, .840)
					Upper-arm vs. interactive	-.86***	.10	(.1.122, -.597)

Note: Report by using SS=Sum of Square, df=Degree of Freedom, MS=Mean Square, MD=Mean Difference, SE=Standard Error, 95% CI=95% Confidence Interval for Difference

\* $p < .05$ , \*\*\* $p < .001$

กลุ่มอาจารย์พยาบาล เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอันดับประสิทธิผลโดยรวมระหว่างหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่ 3 แบบ โดยใช้สถิติฟรீดแมน พบว่า ค่าเฉลี่ยของอันดับประสิทธิผลโดยรวมระหว่างหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่ 3 แบบ แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 [ $\chi^2(2, N = 6) = 9.65, p = .008$ ] เมื่อ

เปรียบเทียบรายคู่โดยใช้สถิติฟรீดแมนแบบหลายกลุ่มที่สัมพันธ์กัน พบว่า ค่าเฉลี่ยของอันดับประสิทธิผลโดยรวมของหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่แบบมีปฏิสัมพันธ์ (interactive simulator) มากกว่าแบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อ (muscle part simulator) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ( $z = -1.75, p < .01$ ) ดังแสดงในตารางที่ 4 (Table 4)

**Table 4** Comparison of the difference in effectiveness scores among using three types of simulators for deltoid intramuscular injection in nursing instructors using Friedman Test and Dunn-Bonferroni post hoc test (N = 6)

Simulator	Mean rank	df	Friedman $\chi^2$	Simulator comparison	Z
Muscle part	1.17	2	9.65**	Muscle part vs. upper arm	-.75
upper arm	1.92			Muscle part vs. interactive	-1.75**
interactive	2.92			Upper arm vs. interactive	-1.00

Report by using df=Degree of Freedom,  $\chi^2$  = Chi-square, Z =Dunn-Bonferroni post hoc test

\*\*p< .01

### อภิปรายผล

การพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่แบบมีปฏิสัมพันธ์ที่ให้อุปกรณ์ป้อนกลับได้พัฒนาตามกรอบแนวคิดของทฤษฎีประสบการณ์ของเดลที่เน้นการเรียนรู้ที่มีการลงมือปฏิบัติจริงและการใช้สื่อที่มีความเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมการจดจำและการคงอยู่ของผลการเรียนรู้<sup>5</sup> หลักกายวิภาคศาสตร์ที่แสดงตำแหน่งของกระดูกหัวไหล่และกล้ามเนื้อหัวไหล่อย่างชัดเจน เพื่อให้ผู้ใช้งานระบุตำแหน่งการฉีดยาได้อย่างแม่นยำ และใช้ซิลิโคนสีขาวเหลืองที่มีความหนา 1 นิ้ว เพื่อเลียนแบบความยืดหยุ่นของชั้นผิวหนังและกล้ามเนื้อ ทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ที่ใกล้เคียงกับการปฏิบัติในสถานการณ์จริง รวมทั้งหลักวิศวกรรมชีวการแพทย์ที่นำเทคโนโลยีมาใช้ในการให้อุปกรณ์ป้อนกลับได้<sup>13</sup> โดยใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีตัวส่งและตัวรับสัญญาณตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งและความลึกของเข็มฉีดยา และสัญญาณเสียงพูดแจ้งผู้เรียนเมื่อแทงเข็มในตำแหน่งและความลึกที่ถูกต้อง ทำให้ผู้เรียนประเมินผลการปฏิบัติของตนเองได้ ดังนั้นการพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่แบบมีปฏิสัมพันธ์และให้อุปกรณ์ป้อนกลับได้เป็นนวัตกรรมที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้โดยเชื่อมโยงกรอบแนวคิดของทฤษฎีประสบการณ์ของเดลกับ

หลักกายวิภาคศาสตร์และหลักวิศวกรรมชีวการแพทย์สร้างประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์จริงและการให้อุปกรณ์ป้อนกลับช่วยสร้างความมั่นใจในทางปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ค่าเฉลี่ยประสิทธิผลโดยรวมของหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวไหล่แบบมีปฏิสัมพันธ์ในกลุ่มนักศึกษาพยาบาลมากกว่าแบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อและแบบชุดแขนส่วนบนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .001 เป็นผลจากการพัฒนาหุ่นจำลองฯ ที่ใช้กรอบแนวคิดของทฤษฎีประสบการณ์ของเดล<sup>5</sup> ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เชิงรุกได้รับประสบการณ์ที่เหมือนจริงผ่านการลงมือปฏิบัติจริงกับหุ่นจำลอง และหลักกายวิภาคศาสตร์ที่ออกแบบหุ่นจำลองฯ ให้มีลักษณะเหมือนบุคคลที่มีตำแหน่งของกระดูกหัวไหล่และความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อหัวไหล่เสมือนจริง ทำให้ส่งเสริมการรับรู้ว่ากำลังฉีดยากับคนจริงและปฏิบัติตามขั้นตอนการฉีดยาได้ครบถ้วนและสะดวก และหลักวิศวกรรมชีวการแพทย์ที่ให้อุปกรณ์ป้อนกลับของตำแหน่งและความลึกของการแทงเข็มฉีดยา จากระบบสัญญาณเสียงพูดว่า “ถูกต้องครับ” ทำให้สามารถประเมินได้ทันทีว่าการแทงเข็มฉีดยาอยู่ในตำแหน่งและความลึกที่ถูกต้องหรือไม่ จึงทำให้การรับรู้ประสิทธิผลโดยรวมของหุ่นจำลองฯ แบบมีปฏิสัมพันธ์ด้านความเสมือนจริงด้านการเสริมสร้างทักษะการฉีดยาทางกล้ามเนื้อ

## การพัฒนาหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจแบบมีปฏิสัมพันธ์และประสิทธิผลของหุ่นจำลอง

ด้านการเสริมสร้างทัศนคติต่อการปฏิบัติการพยาบาล และด้านการนำไปใช้มีค่าเฉลี่ยมากกว่าแบบชิ้นกล้ามเนื้อ และแบบชุดแขนส่วนบน สอดคล้องกับการศึกษาการพัฒนาต้นแบบหุ่นฝึกฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อทารกแรกเกิด ด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีลักษณะเป็นทารกแรกเกิด มีชิ้นกล้ามเนื้อขาเสมือนจริง และให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยระบบเสียงพูดว่า “เยี่ยมมาก” เมื่อแทงเข็มฉีดยาถูกต้อง และ “ตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง” เมื่อแทงเข็มในตำแหน่งและ/หรือความลึกไม่ถูกต้อง ทำให้ระบุตำแหน่งฉีดยาทางกล้ามเนื้อได้สะดวกและประเมินผลลัพธ์ได้ทันที<sup>10</sup> และสอดคล้องกับการศึกษาหุ่นจำลองแขนการให้สารน้ำทางหลอดเลือดดำ ซึ่งให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการมีเลือดไหลย้อนกลับมาที่เข็มให้สารน้ำ ทำให้ประเมินได้ทันทีว่าการแทงเข็มเข้าหลอดเลือดดำ อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องหรือไม่<sup>11,18</sup>

กลุ่มอาจารย์พยาบาลมีค่าเฉลี่ยของอันดับประสิทธิผลโดยรวมของหุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจแบบมีปฏิสัมพันธ์มากกว่าแบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อ แต่ค่าเฉลี่ยของอันดับประสิทธิผลโดยรวมของหุ่นจำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์กับแบบชุดแขนส่วนบนไม่แตกต่างกัน อาจสะท้อนถึงประสบการณ์ของอาจารย์พยาบาลที่มีความชำนาญในการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจมากกว่า นักศึกษาพยาบาล ทำให้อาจารย์ใช้ประสบการณ์ตรงในการประเมินประสิทธิผลของหุ่นจำลองได้อย่างเป็นกลาง โดยไม่ได้รับอิทธิพลจากการออกแบบของหุ่นจำลองแต่ละรูปแบบ เช่น เมื่อทดสอบหุ่นจำลองแบบชุดแขนส่วนบนที่มีชิ้นกล้ามเนื้อน้อยกว่า 1 นิ้ว จึงแทงเข็มสั้นกว่าความยาวของเข็มฉีดยาใกล้เคียงกับการฉีดยาให้กับคนที่มีชิ้นกล้ามเนื้อน้อย และอาจารย์พยาบาลมีประสบการณ์การสอนการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจอาจเน้นความถูกต้องของโครงสร้างทางกายวิภาคที่เหมาะสมกับระดับการเรียนรู้ของนักศึกษาพยาบาล จากการให้ข้อคิดเห็นว่า หุ่นจำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์มีรูปร่างกระดูกไหปลาร้าและหัวใจคล้ายกับคนจริง แต่ชิ้น

ผิวหนังและกล้ามเนื้อที่คลุมทับกระดูกหัวใจ อาจทำให้คลำตำแหน่งยาก ควรสร้างปุ่มกระดูกหัวใจที่มีกระดูกสะบัก เพื่อให้คลำจากแนวกระดูกสะบักถึงปุ่มกระดูกหัวใจได้ด้วย และมีความหนืดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นขณะถอนเข็มออก และอาจารย์พยาบาลมีขนาดตัวอย่างน้อย อาจจำกัดความสามารถในการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิผล

ดังนั้น หุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจแบบมีปฏิสัมพันธ์ที่ให้ข้อมูลป้อนกลับและมีความสมจริง ช่วยให้ปฏิบัติตามขั้นตอนการฉีดยาได้ครบถ้วน และสะดวก ประเมินความถูกต้องของการปฏิบัติได้ จึงรับรู้ประสิทธิผลมากกว่าหุ่นจำลองแบบชิ้นส่วนกล้ามเนื้อ และแบบชุดแขนส่วนบน

## ข้อเสนอแนะและแนวทางการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

หุ่นจำลองการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจแบบมีปฏิสัมพันธ์ควรนำไปใช้กับนักศึกษาพยาบาลที่เรียนการฉีดยาทางกล้ามเนื้อหัวใจ เพื่อพัฒนาทักษะให้แม่นยำ ส่งเสริมความตระหนักถึงความปลอดภัยและความสุขสบายของผู้ป่วย ข้อจำกัดของการศึกษาคั้งนี้คือ การไม่มีแนวกระดูกสะบัก ความหนืดของชิ้นกล้ามเนื้อขณะดึง การประเมินผลหลังทดสอบทันทีและขนาดตัวอย่างกลุ่มอาจารย์น้อย ดังนั้น การพัฒนาหุ่นจำลองฯ ครั้งต่อไปควรพัฒนาปุ่มกระดูกหัวใจที่มีกระดูกสะบัก ศึกษาผลการใช้งานหลายครั้ง และเพิ่มขนาดตัวอย่างของกลุ่มอาจารย์พยาบาล

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณโรงเรียนพยาบาลรามาธิบดี คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดีที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนในครั้งนี

## เอกสารอ้างอิง

1. Cook IF. Best vaccination practice and medically attended injection site events following deltoid intramuscular injection. *Hum Vaccin Immunother.* 2015;11(5):1184-91. doi: 10.1080/21645515.2015.1017694.
2. Williams PA. *Fundamental concepts and skills for nursing.* 6<sup>th</sup> ed. St. Louis, MO.: Elsevier; 2022.
3. Soliman E, Ranjan S, Xu T, Gee C, Harker A, Barrera A, et al. A narrative review of the success of intramuscular gluteal injections and its impact in psychiatry. *Biodes Manuf.* 2018;1(3):161-70. doi:10.1007/s42242-018-0018-x.
4. Boyd AE, DeFord LL, Mares JE, Leary CC, Garris JL, Dagohoy CG, et al. Improving the success rate of gluteal intramuscular injections. *Pancreas.* 2013;42(5):878-82. doi:10.1097/MPA.0b013e318279d552.
5. Thalhakorn B. *The application of information technology in teaching and learning.* 1st ed. Bangkok: Royal Initiative Project on Information Technology, HRH Princess Maha Chakri Sirindhorn, National Electronics and Computer Technology Center; 2008. (in Thai)
6. Mohan ME, Lavanya SH, Kalpana L, Veena RM. Learning injection techniques with simulators: Medical Students' Perspectives. *Int J Med Health Sci.* 2015;4(3):332-36.
7. Chotiban P, Nawsuwan K, Nontaput T, Rodniam J. Innovation of assisted models for practicing basic nursing. *Princess of Naradhiwas University Journal.* 2013;5(3):1-12. (in Thai)
8. Chiannilkulchai N, Nunthawong J. Development of the intramuscular injection model for nursing students and evaluation of the effectiveness of the model. *Songklanagarind Journal of Nursing.* 2016;36(2):65-77. (in Thai)
9. Micallef J, Arutiunian A, Dubrowski A. The development of an intramuscular injection simulation for nursing students. *Cureus.* 2020;12(12):e12366. doi:10.7759/cureus.12366.
10. Tantacharoenrat C, Precharattana M. An electronic-based simulator for intramuscular injection in newborns. *Int J Nurs Educ.* 2023;15(2):1-6. doi:10.37506/ijone.v15i2.19243.
11. Choeychom S, Rujiwatthanakorn D. The use of an innovative arm model in practicing an intravenous infusion procedure of nursing students. *Ramathibodi Nursing Journal.* 2015;21(3):395-407. (in Thai)
12. Dick-Smith F, Power T, Martinez-Maldonado R, Elliott D. Basic life support training for undergraduate nursing students: An integrative review. *Nurse Educ Pract.* 2021;50:102957. doi:10.1016/j.nepr.2020.102957.
13. Bronzino JD, Peterson DR. *Biomedical engineering fundamentals.* 4th ed. New York: CRC; 2015.
14. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* 2nd ed. New York: Routledge; 2013.
15. Joanna Briggs Institute. *Recommended practice. Injection: Intramuscular.* The JBI EBP Database; 2017. JBI-RP-1213-8
16. Sirilai S. *Ethics for nursing.* Bangkok: Chulalongkorn University Press; 2010. (in Thai)
17. Nurses Association of Thailand. *Code of ethics for nurses,* B.E. 2546. Nakhon Pathom: ASEAN Institute for Public Health Development; 2003. (in Thai)
18. Mano R, Trapsinsaree D, Somkird J, Suwan K, Yodchai K. Nursing students' satisfaction with the use of simulation manikins for venipuncture and peripheral intravenous cannulation practice in networked nursing institutions. *Nursing Journal Chiangmai University.* 2024;51(3):278-86. (in Thai)