

บทความวิจัย

การพัฒนาต้นแบบหุ่นยางพาราสำหรับฝึกฉีดยาทางกล้ามเนื้อ เวนโตรกลูเตียล: การทดลองใช้เบื้องต้น Development of a Rubber Manikin Prototype for Ventrogluteal Intramuscular Injection Skill Training: A Pilot Testing

อุษมา สิงหเสม¹ กฤติยา ปองอนุสรณ์^{1*} แสงทิพย์ ลีลากานต์¹ ศลิษา บินสะมะ¹ อนันท์ ชกสุริวงศ์² นิธินาถ แซ่ตั้ง³
Usama Singhasem¹, Krittiya Ponganusorn¹, Saengtip Leelakarn¹, Salisa Binsama¹,
Anant Choksuriwong², Nitinart Saetung³

¹อาจารย์ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา

¹Lecturer, Faculty of Nursing, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand.

²อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา

²Lecturer, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand.

³รองศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา

³Associate Professor, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand.

*ผู้รับผิดชอบหลัก: krittiya.p@psu.ac.th

*Corresponding author: krittiya.p@psu.ac.th

Received 14 May 2026 • Revised 05 September 2026 • Accepted 08 September 2026

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อพัฒนาต้นแบบแรก (prototype I) และประเมินความเป็นไปได้ของการนำต้นแบบหุ่นฯ ไปทดลองใช้เบื้องต้น (pilot testing) ในการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาและอาจารย์พยาบาล **วิธีการ:** ใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนาการศึกษาครั้งนี้เป็นการพัฒนาและประเมินผลการศึกษานำร่อง กลุ่มตัวอย่างเป็นอาจารย์และนักศึกษาพยาบาลคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง คือ อาจารย์ที่มีประสบการณ์ฉีดยาทางกล้ามเนื้อเวนโตรกลูเตียล จำนวน 5 ราย และนักศึกษาพยาบาลที่ผ่านการเรียนชุดวิชาสมรรถนะการพยาบาลเบื้องต้น จำนวน 25 ราย โดยเครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป และแบบสอบถามความเป็นไปได้ในการใช้ต้นแบบหุ่นฯ มีความตรงเชิงเนื้อหาทั้งฉบับเท่ากับ 1.00 และค่าความเที่ยงโดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาคเท่ากับ .96 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงบรรยาย และวิเคราะห์ข้อเสนอแนะในการพัฒนาหุ่นด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา **ผลการศึกษา:** ต้นแบบแรกมีส่วนประกอบหลัก 6 อย่างได้แก่ (1) โครงสร้างหุ่นเสมือนจริง (2) ปุ่มกระดุกเสมือนจริง (3) เส้นเลือดจำลอง (4) เส้นประสาทจำลอง (5) ระบบเซนเซอร์ และ (6) ระบบระบายน้ำความเป็นไปได้ในการใช้ต้นแบบหุ่นฯ สำหรับการเรียนการสอนโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($M=4.44, SD=0.63$) และความแม่นยำของระบบเซนเซอร์มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดอยู่ในระดับมาก ($M=3.77, SD=0.97$) **สรุป:** ต้นแบบหุ่นฯ มีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้ในการเรียนการสอน อย่างไรก็ตาม ต้นแบบหุ่นฯ ควรพัฒนาเรื่องความหนากล้ามเนื้อ ความไวของเซนเซอร์ที่เกิดผลบวกปลอมขณะคลำหาตำแหน่ง และระบบ

ข้อต่อขาที่ยังไม่สมบูรณ์ของหุ่นในรุ่นถัดไป

คำสำคัญ: การพัฒนา; หุ่นฝึกฉีดยาทางกล้ามเนื้อ; กล้ามเนื้อเวโนโทรกลูเตียล; ยางพารา

Abstract

Objective: To develop the first prototype of a ventrogluteal intramuscular injection training manikin and evaluate its feasibility through preliminary pilot testing for use in teaching and learning among nursing students and nursing instructors. **Methods:** This research and development study focused on prototype development and pilot evaluation. The participants were purposively selected from the Faculty of Nursing, Prince of Songkla University and included 5 nursing instructors with experience in administering ventrogluteal intramuscular injections and 25 nursing students who had completed the Fundamental Nursing Competencies course. The research instruments consisted of a demographic questionnaire and a feasibility questionnaire for the prototype. The questionnaire demonstrated excellent content validity, with a Content Validity Index (CVI) of 1.00, and high internal consistency reliability, with a Cronbach's alpha coefficient of 0.96. Descriptive statistics were used to analyze quantitative data, while qualitative suggestions for prototype improvement were analyzed using content analysis. **Results:** Prototype I consisted of 6 major components as followings (1) a realistic manikin structure; (2) palpable anatomical bony landmarks; (3) simulated blood vessels; (4) a simulated sciatic nerve; (5) a sensor system; and (6) a fluid drainage system. Overall feasibility for educational use was rated at the highest level ($M = 4.44$, $SD = 0.63$), whereas sensor system accuracy was rated at the lowest level, albeit remaining at a high level ($M = 3.77$, $SD = 0.97$). **Conclusion:** Prototype I demonstrated high feasibility for use in nursing education. Nevertheless, future development should focus on increasing muscle thickness, optimizing sensor sensitivity to minimize false positives during palpation, and refining the functional leg joints for prototype II.

Keywords: development; intramuscular injection training manikin; ventrogluteal muscle; natural rubber

ความสำคัญของปัญหา

การฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อ (intramuscular injection) เป็นหนึ่งในทักษะสำคัญที่พยาบาลต้องมีความรู้สามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย โดยเฉพาะการฉีดยาทางกล้ามเนื้อสะโพกด้านข้าง หรือเรียกว่า กล้ามเนื้อเวโนโทรกลูเตียล (ventrogluteal muscle) เป็นตำแหน่งสำหรับฉีดยาทางกล้ามเนื้อที่นิยม เพราะมีความปลอดภัยสูง มีชั้นกล้ามเนื้อหนาแน่น และมีไขมันน้อย ทั้งยังเป็นตำแหน่งที่อยู่ห่างจากเส้นประสาทและหลอดเลือดสำคัญ¹⁻³ อย่างไรก็ตามการฉีดยาตำแหน่งนี้มีความยากมากเนื่องจากต้องอาศัยการคลำหาปุ่มกระดูกเพื่อระบุตำแหน่งที่แม่นยำในพื้นที่สะโพกซึ่งมีบริเวณกว้างหากผู้ปฏิบัติขาดความชำนาญจนเกิดการฉีดยาผิดตำแหน่งอาจนำไปสู่ภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรง เช่น การบาดเจ็บของหลอดเลือดและเส้นประสาท การเกิดฝี (abscess) ห่อเลือด (hematoma) หรือเนื้อเยื่อพังผืด (fibrosis)¹⁻³

การส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการปฏิบัติที่ถูกต้องแม่นยำ จำเป็นต้องใช้หุ่นจำลองที่มีลักษณะเหมือนจริงเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และฝึกประสบการณ์ในสถานการณ์จำลองที่ใกล้เคียงกับประสบการณ์บนหอผู้ป่วย ซึ่งจะพัฒนาผู้เรียนด้านความเข้าใจในกายวิภาคของตำแหน่งฉีดยา ฝึกการใช้กล้ามเนื้อมือ ตลอดจนการระบุตำแหน่งและการแทงเข็มอย่างถูกวิธี จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า การฝึกทักษะการพยาบาลกับหุ่นจำลองเหมือนจริงช่วยพัฒนาสมรรถนะด้านทักษะการพยาบาลของนักศึกษาพยาบาล⁴ หุ่นจำลองที่สามารถฝึกฝนได้ด้วยตนเองช่วยยกระดับความมั่นใจและสมรรถนะแห่งตนในการปฏิบัติหัตถการฉีดยาเข้ากล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ⁵ และการใช้

หุ่นจำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์หรือการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เรียนได้ทันที ช่วยให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่เสมือนจริง และประเมินความถูกต้องของตนเองได้ทันทีจากเสียงตอบกลับ^{6,7} อย่างไรก็ตามหุ่นจำลอง สำหรับฝึกฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อ เวนโทรกลูเตียลที่ใช้อยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่ผลิตจากยางสังเคราะห์ ซึ่งขาดความยืดหยุ่น ส่วนหุ่นจำลองที่มีความแม่นยำทางสรีระและมีคุณลักษณะสมจริงหรือให้ข้อมูลป้อนกลับได้มักต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาสูงมาก^{8,9} ส่งผลให้สถาบันการศึกษามีข้อจำกัดด้านงบประมาณในการจัดซื้อให้เพียงพอต่อจำนวนผู้เรียน

น้ำยางพาราธรรมชาติมีคุณลักษณะที่เหมาะสมอย่างยิ่งในการพัฒนาเป็นผิวหนังและกล้ามเนื้อจำลองสำหรับฝึกปฏิบัติทักษะการพยาบาล เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นด้านความยืดหยุ่น (elasticity) สามารถคืนตัวสู่สภาพเดิมได้ดี และมีความทนทานต่อแรงดึง (tensile strength) ตลอดจนทนทานต่อการฉีกขาด (tear strength) สูง¹⁰ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับการรองรับการแทงเข็มซ้ำ ๆ สอดคล้องกับการศึกษาเรื่องการพัฒนาหุ่นจำลองจากยางพาราสำหรับฝึกทักษะการทำคลอดปกติ และการทำคลอดรกเสมือนจริงที่ระบุว่า คุณภาพของหุ่นที่มาจากน้ำยางพาราอยู่ในระดับดีมากที่สุด มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน มีความยืดหยุ่นที่ให้ความรู้สึกสัมผัสเสมือนจริง และหุ่นจำลองยังคงสภาพเดิมได้หลังจากการใช้งาน¹¹ แตกต่างจากหุ่นจำลองที่พัฒนาจากซิลิโคนที่มีความยืดหยุ่นของผิวสัมผัสน้อย ทำให้แทงเข็มหรือถอนเข็มจากผิวหนังได้ยากกว่าหุ่นจำลองที่พัฒนาขึ้นจากยางพารา⁵

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการพัฒนาหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาในประเทศไทย พบว่าหุ่นจำลองส่วนใหญ่มักมีการออกแบบโดยใช้ซิลิโคน จากนวัตกรรมหุ่นฝึกฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อทารกแรกเกิดที่บูรณาการระบบอิเล็กทรอนิกส์และระบบสัญญาณเสียงแจ้งเตือนความถูกต้อง มีการใช้ซิลิโคนแบบแข็งสำหรับการสร้างหุ่นจำลอง และซิลิโคนชนิดนิ่มสำหรับชั้นผิวหนังและกล้ามเนื้อของทารกเพื่อฉีดยา อาจทำให้ลักษณะของหุ่นจำลองไม่เสมือนจริงทั้งหมด⁷ เช่นเดียวกับการศึกษาการพัฒนาหุ่นจำลองฝึกทักษะการฉีดยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพก ที่ออกแบบวัสดุและโครงสร้างของหุ่นจำลองโครงกระดูกเชิงกรานที่หุ้มด้วยซิลิโคนผสมสีเนื้อที่มีความทนทาน ไม่เกิดรอยขีดข่วนได้ง่าย ภายในหุ่นมีการฝังวงจรอิเล็กทรอนิกส์และเซนเซอร์ตรวจจับเข็มเพื่อประมวลผลความถูกต้องของตำแหน่งพบข้อจำกัดด้านความยืดหยุ่นของผิวสัมผัสที่ทำให้แทงเข็มได้ยาก และได้ผิวหนังที่ไม่เหมือนผิวสัมผัสของคน รวมถึงหุ่นจำลองมีน้ำหนักมาก⁹ ในขณะที่การพัฒนาหุ่นจำลองจากยางพาราสำหรับฝึกทักษะการฉีดยามีความยืดหยุ่นและผิวสัมผัสที่ใกล้เคียงเนื้อเยื่อมนุษย์ช่วยลดแรงเสียดทานขณะปักเข็มพร้อมทั้งสามารถผลิตได้จากน้ำยางพาราซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจในประเทศ จึงช่วยลดต้นทุนการผลิตและการนำเข้าหุ่นจำลองและอีกผลการศึกษายังพบว่าหุ่นจำลองจากโคมยางพาราธรรมชาติช่วยส่งเสริมทักษะและความมั่นใจของผู้เรียนในการฝึกปฏิบัติก่อนดูแลผู้ป่วยจริง และสะท้อนศักยภาพของการประยุกต์ใช้ยางพาราในการพัฒนาสื่อฝึกหัดการทางการแพทย์และการพยาบาล^{10,12,13}

แม้ว่าปัจจุบันจะมีการพัฒนาหุ่นจำลองฝึกฉีดยาทางกล้ามเนื้อสะโพกที่มีความถูกต้องตามหลักกายวิภาค และมีระบบเซนเซอร์ช่วยตรวจสอบตำแหน่งการฉีดยา แต่ผลการประเมินยังพบข้อจำกัดด้านความยืดหยุ่นและความสมจริงของวัสดุ ความสมจริงของรูปลักษณ์ภายนอก ความแม่นยำของระบบสัญญาณตอบกลับ และความสะดวกในการเคลื่อนย้าย นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอแนะให้พัฒนาวัสดุที่มีความยืดหยุ่นและให้สัมผัสใกล้เคียงผิวหนังมนุษย์มากขึ้น รวมถึงปรับปรุงความแม่นยำของระบบแจ้งเตือนและเพิ่มระบบบันทึกผลการฝึกแบบเรียลไทม์ เพื่อยกระดับประสิทธิภาพของการเรียนรู้ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาหุ่นฝึกฉีดยาทางกล้ามเนื้อ เวนโทรกลูเตียลชนิดยางพาราโดยมุ่งเน้นการจำลองกายวิภาคของกระดูกสะโพกที่เสมือนจริงเพื่อเป็นจุดอ้างอิงในการคลำหาตำแหน่งการจำลองเส้นเลือดและเส้นประสาทร่วมกับการพัฒนาผิวสัมผัสจากยางพาราที่มีความยืดหยุ่นใกล้เคียงเนื้อเยื่อมนุษย์พร้อมด้วยระบบระบายน้ำเพื่อรองรับการฝึกฉีดยาซ้ำได้หลายครั้ง และประยุกต์ใช้ระบบเซนเซอร์สำหรับประเมินความถูกต้องของตำแหน่งและความลึกในการแทงเข็ม ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการใช้เทคโนโลยีจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ทักษะทางการแพทย์ในยุคปัจจุบัน¹⁴ ทั้งนี้ การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นเพื่อพัฒนาและรายงานผลเฉพาะในขั้นนวัตกรรมต้นแบบแรก (prototype I) เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาต่อยอดสู่สื่อการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และมีความคุ้มค่าในเชิงต้นทุนสำหรับสถาบัน

การศึกษาพยาบาลต่อไป

คำถามการวิจัย

1. ต้นแบบแรกของหุ่นยางพาราสำหรับฝึกฉีดยาทางกล้ามเนื้อเวทโรกลูเตียล ควรมียอดประกอบและคุณลักษณะอย่างไร
2. ความเป็นไปได้ของการนำต้นแบบหุ่นฯ ไปทดลองใช้เบื้องต้นในการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาและอาจารย์พยาบาล อยู่ในระดับใด

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบแรกของหุ่นยางพาราสำหรับฝึกฉีดยาทางกล้ามเนื้อเวทโรกลูเตียลสำหรับนักศึกษาและอาจารย์พยาบาล
2. เพื่อประเมินความเป็นไปได้ของการนำต้นแบบหุ่นฯ ไปทดลองใช้เบื้องต้นในการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาและอาจารย์พยาบาล

รูปแบบการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยการพัฒนาและประเมินผลหุ่นฝึกฉีดยาทางกล้ามเนื้อเวทโรกลูเตียลชนิดยางพาราสำหรับนักศึกษาและอาจารย์พยาบาล โดยมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาต้นแบบแรกและทดลองใช้เบื้องต้นเพื่อประเมินระดับความเป็นไปได้ของการนำต้นแบบหุ่นฯ ดังกล่าว ไปใช้ประโยชน์ในการเรียนการสอนจริงสำหรับนักศึกษาและอาจารย์พยาบาล

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นกระบวนการวิจัยและพัฒนาในระยะแรก (phase 1: prototype development and pilot testing) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยหลักเรื่องการพัฒนาและประเมินผลหุ่นฝึกฉีดยาทางกล้ามเนื้อเวทโรกลูเตียลชนิดยางพาราสำหรับนักศึกษาและอาจารย์พยาบาล ผู้วิจัยมุ่งเน้นการนำเสนอผลการออกแบบนวัตกรรมและการทดลองใช้เบื้องต้นเพื่อประเมินระดับความเป็นไปได้ในขั้นต้นแบบ โดยบูรณาการกรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้ด้วยสถานการณ์จำลอง (NLN/Jeffries Simulation Framework)¹⁵ ร่วมกับทฤษฎีพิสัยทักษะปฏิบัติของซิมป์สัน¹⁶ (Simpson's Psychomotor Domain) นำทฤษฎีดังกล่าวมาเป็นกรอบแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาคุณลักษณะของนวัตกรรม (simulation design characteristics) ในขั้นปัจจุบันนำเข้า กล่าวคือ เพื่อให้การเรียนรู้ทักษะปฏิบัติเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพและมีแบบแผนที่ถูกต้องถาวร หุ่นต้นแบบแรกจึงออกแบบให้มีปุ่มกระตุ้นและโครงสร้างเสมือนจริงเพื่อกระตุ้นการรับรู้ทางสัมผัส (perception) มีระบบเซนเซอร์คอยแจ้งเตือนเพื่อชี้แนะการตอบสนองภายใต้สิ่งเร้าจำลอง และมีระบบระบายน้ำเพื่อรองรับกระบวนการฝึกปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง โดยการวิจัยครั้งนี้มุ่งประเมินผลลัพธ์ในมิติด้านความเป็นไปได้ในการนำต้นแบบหุ่นฯ ไปใช้ในการเรียนการสอนจากมุมมองสะท้อนคิดร่วมกันของกลุ่มผู้ใช้จริง ได้แก่อาจารย์และนักศึกษาพยาบาลอื่นนำไปสู่การปรับปรุงหุ่นจำลองในรุ่นถัดไป (prototype II) อย่างเหมาะสม

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรอาจารย์ หมายถึง อาจารย์ผู้สอนที่มีประสบการณ์สอนหรือประเมินทักษะการฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อสะโพก และกำลังทำงานอยู่ในคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2569 โดยมีอาจารย์ที่เข้าเกณฑ์ทั้งหมด 45 ราย

ประชากรนักศึกษา หมายถึง นักศึกษาชั้นปีที่ 2-4 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 662 ราย ที่ผ่านการเรียน หรือ ฝึกทักษะการฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อเนื้อเยื่อโทรกลูเตียลแล้ว

กลุ่มตัวอย่าง ในการศึกษานำร่องครั้งนี้ ดำเนินการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 30 ราย ซึ่งกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างตามแนวปฏิบัติสำหรับการทดสอบนวัตกรรมขั้นนำร่อง¹⁷ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ 1) อาจารย์พยาบาล จำนวน 5 ราย ซึ่งมีเกณฑ์คัดเลือกเข้า คือ อาจารย์ต้องมีประสบการณ์การสอน ฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อเนื้อเยื่อโทรกลูเตียล เกณฑ์การคัดออก ได้แก่ (1) อาจารย์ที่มีภาวะเจ็บป่วยฉุกเฉินไม่สามารถเข้าร่วม การทดลองใช้หุ่นจำลองได้ (2) อาจารย์ที่ลาออก/ลาเพื่อศึกษาต่อระหว่างทำการทดลอง (3) อาจารย์ที่มีประวัติ แพ้ยางพารา 2) นักศึกษาพยาบาล จำนวน 25 ราย ซึ่งมีเกณฑ์คัดเลือกเข้าคือ (1) นักศึกษาพยาบาลหลักสูตร พยาบาลศาสตรบัณฑิตชั้นปีที่ 2-4 (2) ผ่านการเรียนชุดวิชาสมรรถนะการพยาบาลเบื้องต้น เกณฑ์การคัดออก ได้แก่ (1) นักศึกษาที่มีภาวะเจ็บป่วยฉุกเฉินไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองใช้หุ่นจำลองได้ (2) นักศึกษาที่ลาออก/พักการศึกษาระหว่าง ทำการทดลอง (3) นักศึกษาที่มีประวัติแพ้ยางพารา

ภายหลังผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์และขั้นตอนการวิจัยเพื่อประชาสัมพันธ์เปิดรับอาสาสมัครมีนักศึกษาที่ยินดี เข้าร่วมการวิจัย และลงนามเป็นลายลักษณ์อักษร 25 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาพยาบาล ชั้นปีที่ 2 และ 3 เท่านั้น

จริยธรรมในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้รับรหัสหนังสือรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สาขาสังคมศาสตร์ และพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ รหัส PSU IRB 2026-LL-Nur-004 วันที่ 26 มีนาคม 2569 ผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย รายละเอียดกิจกรรมที่กลุ่มตัวอย่างต้องปฏิบัติ ประโยชน์ที่จะได้รับ ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น การเข้าร่วมหรือไม่เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้จะไม่ผลกระทบใด ๆ ต่อคะแนนหรือการประเมิน ผลการเรียนทั้งสิ้น เนื่องจากนักศึกษาเสร็จสิ้นการเรียนในรายวิชาที่ผู้วิจัยมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน และทำการ พิทักษ์สิทธิ์ในกลุ่มตัวอย่างก่อนการเก็บข้อมูลทุกราย กลุ่มตัวอย่างสามารถถอดตัวออกจากโครงการวิจัยได้ตลอดเวลา โดยจะนำเสนอข้อมูลในภาพรวมเท่านั้น เอกสารจะถูกทำลายหลังบทความวิจัยนี้ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร วิชาการ เป็นระยะเวลา 1 ปี

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยและพัฒนาครั้งนี้ ดำเนินการในระยะแรก ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้ (1) การสำรวจปัญหาและความ ต้องการของการใช้งานหุ่น (2) การออกแบบหุ่น (3) การทดลองใช้หุ่น โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสำรวจปัญหาและความต้องการของการใช้งานหุ่น

จากการสังเกตอุปสรรคและประเมินผลการจัดการเรียนการสอนร่วมกับอาจารย์และนักศึกษาพยาบาล ใน ปีการศึกษา 2567-2568 พบว่าหุ่นฝึกฉีดยามาตรฐานในห้องปฏิบัติการยังมีข้อจำกัดสำคัญที่ต้องได้รับการพัฒนา ดังนี้ (1) ด้านกายวิภาคและวัสดุ พบว่า ขาดความสมจริงของสัมผัสชั้นกล้ามเนื้อ และจุดอ้างอิงปุ่มกระดูกไม่ชัดเจน รวมถึง ข้อต่อสะโพกไม่สามารถขยับเพื่อจัดท่าที่ถูกต้องก่อนการฉีดยาได้ ซึ่งส่งผลต่อความแม่นยำในการระบุตำแหน่งฉีดยา (2) ด้านเทคโนโลยี พบว่า ขาดระบบประเมินผลลัพธ์แบบทันที เช่น ระบบเซนเซอร์ตรวจสอบความลึกของการแทงเข็ม และสัญญาณแจ้งเตือนเมื่อฉีดยาผิดตำแหน่งหรือโดนเส้นประสาทสำคัญ และ (3) ด้านการบำรุงรักษาและอายุการใช้งาน พบว่า หุ่นจำลองที่ใช้มีความทนทานต่ำเมื่อต้องรองรับการใช้งานซ้ำในปริมาณมาก และระบบระบายน้ำภายในดูแล รักษายาก ก่อให้เกิดความไม่สะดวกในการใช้งาน

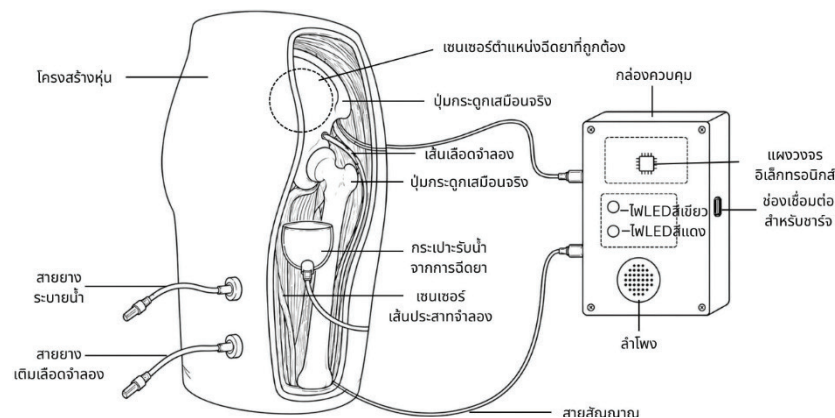
จากการสอบถามกลุ่มผู้ใช้งานที่เป็นนักศึกษาพยาบาลที่ผ่านการเรียนชุดวิชาสมรรถนะการพยาบาล เบื้องต้นก่อนทำวิจัยครั้งนี้ พบว่า ส่วนใหญ่ขาดความมั่นใจในการระบุตำแหน่งที่ถูกต้องและมีความวิตกกังวลเมื่อต้องปฏิบัติงาน ในสถานการณ์จริง วิธีการสอนแบบดั้งเดิมที่ใช้การบรรยาย หรือการฝึกกับหุ่นจำลองที่เป็นหุ่นมาตรฐานทั่วไป ยังไม่ สามารถเสริมสร้างทักษะความเข้าใจเชิงกายวิภาคได้อย่างมีประสิทธิภาพและการระบุตำแหน่งการฉีดยาที่ถูกต้องตาม ความเป็นจริงได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนานวัตกรรมหุ่นจำลองที่สามารถตอบโจทย์ความต้องการ

เชิงปฏิบัติการพยาบาลได้อย่างครบถ้วน

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบหุ่น

ผู้วิจัยนำข้อมูลจากขั้นตอนที่ 1 มากำหนดรูปแบบของหุ่นโดยแบ่งเป็น 6 ส่วนประกอบหลักดังต่อไปนี้ (ภาพ 1)

(1) โครงสร้างหุ่นสะโพกมนุษย์เสมือนจริงผลิตจากยางพารา (2) ปุ่มกระดุก ได้แก่ สันกระดูกปีกสะโพกส่วนบนด้านหน้า (anterior superior iliac spine และ greater trochanter) ช่วยให้ผู้เรียนคลำหาตำแหน่งฉีดยาได้ถูกต้อง (3) เส้นเลือดจำลอง ซึ่งสามารถทดลองดูดเลือดเพื่อป้องกันการฉีดเข้าเส้นเลือด (4) แนวเส้นประสาทไขอาติก (sciatic nerve) จำลองเมื่อฉีดโดนจะมีแฉ่งเตือนด้วยเสียงและไฟ (5) ระบบเซนเซอร์เพื่อตรวจสอบตำแหน่งและความลึกของการฉีดยา (6) ระบบระบายน้ำประกอบด้วยมีกระเปาะเก็บน้ำจากการฉีดยาและระบายออกทางสายยางระบายน้ำ



ภาพ 1 การออกแบบต้นแบบหุ่น

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้หุ่น

ภายหลังผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์แล้ว ผู้วิจัยดำเนินการชี้แจงโครงการผ่านผู้ประสานงานไปยังอาจารย์ผู้สอนชุดวิชาสมรรถนะการพยาบาลเบื้องต้นและตัวแทนนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 2 - 4 เพื่อชักชวนกลุ่มตัวอย่างที่สมัครใจตามเกณฑ์คัดเข้ากระบวนการทดลองใช้ดำเนินการ ณ ห้องปฏิบัติการทักษะทางการพยาบาล โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1) ผู้วิจัยแนะนำองค์ประกอบแนะนำข้อจำกัดของหุ่นต้นแบบแรกและสาธิตวิธีการใช้งานระบบเซนเซอร์และระบบระบายน้ำแก่กลุ่มตัวอย่าง

2) เปิดโอกาสให้กลุ่มตัวอย่างทดลองปฏิบัติทักษะการฉีดยาทงกล้ามเนื้อเวโนโทรกลูเตียลบนหุ่นต้นแบบอย่างอิสระ ระยะเวลา 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง เพื่อทดสอบการรับรู้ทางสัมผัสและระบบแจ้งเตือน

3) หลังเสร็จสิ้นการฝึกปฏิบัติผู้วิจัยเป็นผู้แจกและรวบรวมแบบสอบถามโดยให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามข้อมูลทั่วไปและแบบสอบถามความเป็นไปได้ในการใช้ต้นแบบหุ่นฯ รวมถึงเปิดช่องให้เขียนข้อเสนอแนะปลายเปิดเพื่อการปรับปรุง ใช้เวลาในการทำ 15 นาที

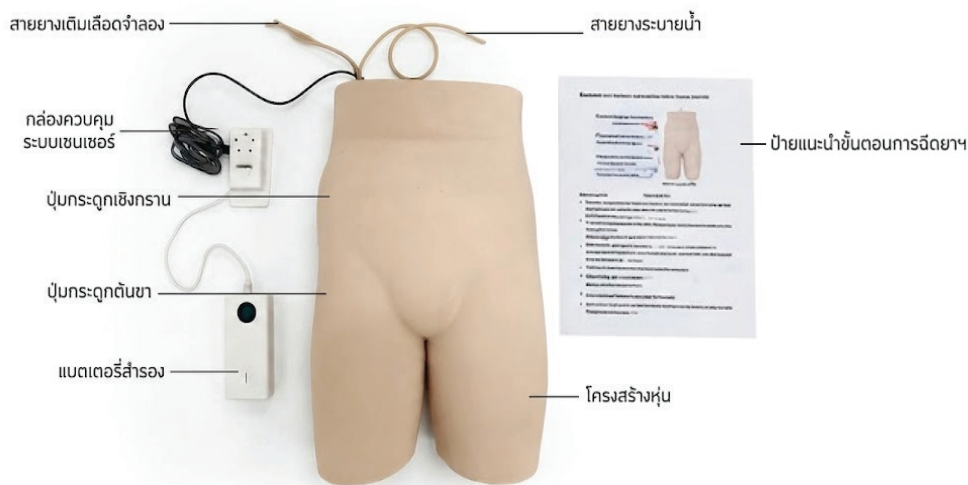
4) ผู้วิจัยตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลและนำไปวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูปต่อไป

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือในการวิจัย แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ต้นแบบหุ่นยางพาราสำหรับฝึกฉีดยาทงกล้ามเนื้อเวโนโทรกลูเตียล และ เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ต้นแบบหุ่นยางพาราสำหรับฝึกฉีดยาทงกล้ามเนื้อเวโนโทรกลูเตียล โครงสร้างหุ่นภายนอกผลิตจากยางพาราธรรมชาติที่มีความยืดหยุ่นคล้ายผิวหนังมนุษย์ ภายในฝังปุ่มกระดุกเชิงกรานและกระดูกต้นขา เพื่อเป็นจุดอ้างอิงคลำหาตำแหน่ง ร่วมกับการติดตั้งแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมระบบเซนเซอร์แจ้งเตือนด้วยสัญญาณไฟ

LED และเสียง ซึ่งถูกบรรจุอยู่ในกล่องควบคุม เส้นประสาทจำลอง เส้นเลือดจำลอง และระบบระบายน้ำจากการฉีดปฏิบัติจริง รวมถึงมีป้ายแนะนำขั้นตอนการฉีดยา เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างนักศึกษาควบคุมไปในขณะฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง หุ่นต้นแบบแรกนี้มีข้อจำกัดเชิงเทคนิคในการฝังชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์บริเวณข้อต่อ ในระยะศึกษานำร่องจึงผลิตให้รองรับการฝึกฉีดยาได้เฉพาะสะโพกข้างเดียว และขยับต้นขาไม่ได้ชั่วคราว (ภาพ 2)



ภาพ 2 ต้นแบบหุ่นยางพาราสำหรับฝึกฉีดยาทางกล้ามเนื้อเนื้อเยื่อทรอกลูเตียล

2.เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของอาจารย์และนักศึกษา ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหุ่นฝึกฉีดยา^{11,18} แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของอาจารย์ประกอบด้วย 3 ข้อ ได้แก่ อายุ ประสบการณ์การสอนทักษะการบริหารยาฉีดทางกล้ามเนื้อเนื้อเยื่อทรอกลูเตียล และประสบการณ์การฉีดยาเข้าทางกล้ามเนื้อเนื้อเยื่อทรอกลูเตียล ข้อมูลทั่วไปของนักศึกษาประกอบด้วย 4 ข้อ ได้แก่ ชั้นปีการศึกษา เกรดเฉลี่ยสะสม ประสบการณ์การใช้หุ่นฝึกฉีดยากกล้ามเนื้อเนื้อเยื่อทรอกลูเตียล และประสบการณ์การฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อเนื้อเยื่อทรอกลูเตียลแก่ผู้รับบริการจริงในคลินิก

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความเป็นไปได้ในการใช้ต้นแบบหุ่นฯ ในการเรียนการสอน ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหุ่นฝึกฉีดยา^{10,18} จำนวน 17 ข้อ แบ่งเป็น 2 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านโครงสร้าง จำนวน 5 ข้อ (2) ด้านการใช้งาน จำนวน 12 ข้อ แต่ละข้อมีคำตอบแบบประเมินค่า (rating scale) 5 ระดับ เรียงจากระดับความเป็นไปได้น้อยที่สุด (1 คะแนน) ไปถึงมากที่สุด (5 คะแนน) การแปลผลคะแนนภาพรวมแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ 1 = น้อยที่สุด 2 = น้อย 3 = ปานกลาง 4 = มาก และ 5 = มากที่สุด คะแนนที่ได้มาเป็นคะแนนรวม แปลผลคะแนนรายด้าน และภาพรวม ดังนี้

การแปลผลคะแนน แบ่งคะแนนออกเป็น 5 อันตรภาคชั้น ช่วงคะแนน ดังนี้ คะแนนเฉลี่ย 4.21–5.00 หมายถึง ระดับความเป็นไปได้มากที่สุด คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20 หมายถึง ระดับความเป็นไปได้มาก คะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40 หมายถึง ระดับความเป็นไปได้อันกลาง คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60 หมายถึง ระดับความเป็นไปได้น้อย คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80 หมายถึง ระดับความเป็นไปได้น้อยที่สุด

นอกจากนี้ในส่วนท้ายของแบบสอบถาม ประกอบด้วยคำถามปลายเปิด (open-ended question) เพื่อเปิด

โอกาสให้ผู้ตอบแบบสอบถามเสนอแนะข้อคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับการพัฒนาหุ่นโดยข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้รับจะนำมาทำการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณลักษณะนวัตกรรมในรุ่นถัดไป

การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความเที่ยงของเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามความเป็นไปได้ในการใช้ต้นแบบหุ่นฯ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์พยาบาล ผู้เชี่ยวชาญด้านนวัตกรรมยางพารา และผู้เชี่ยวชาญด้านนวัตกรรม พิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ความครอบคลุมของเนื้อหา ภาษาที่ใช้ แล้วนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำ ได้ดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (scale content validity index: S-CVI) เท่ากับ 1.00 หลังจากนั้นผู้วิจัยนำแบบสอบถามความเป็นไปได้ในการใช้ต้นแบบหุ่นฯ ไปทดสอบความเที่ยงโดยวิธีการประเมินความสอดคล้องภายใน (internal consistency reliability) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน จำนวน 30 คน ได้แก่ อาจารย์ 5 ราย และนักศึกษา 25 ราย ได้ค่า Cronbach's alpha coefficient เท่ากับ .96

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วนมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS version 26 โดยวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคล และวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการใช้ต้นแบบหุ่นฯ โดยใช้สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพ ดำเนินการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา เพื่อนำมาสรุปและสังเคราะห์เป็นแนวทางในการพัฒนาหุ่นจำลองในรุ่นถัดไป

ผลการวิจัย

ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง จากการศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ประกอบด้วย (1) อาจารย์พยาบาล 5 คน มีช่วงอายุระหว่าง 32 - 46 ปี ($M = 39.80$, $SD = 6.14$) มีประสบการณ์การสอนทักษะการจิตยาทางกล้ามเนื้อเวโนโทรกลูเตียลระหว่าง 2 - 12 ปี ($M = 7.20$, $SD = 4.15$) และอาจารย์ทุกท่านมีประสบการณ์การจิตยาเข้ากล้ามเนื้อเวโนโทรกลูเตียลของผู้รับบริการ ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2566 - 2569 (2) นักศึกษาพยาบาล 25 คน เป็นนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 2 ร้อยละ 36 ($n = 9$) ชั้นปีที่ 3 ร้อยละ 64 ($n = 16$) มีเกรดเฉลี่ยสะสมเฉลี่ยระหว่าง 2.95 - 3.82 ($M = 3.44$, $SD = 0.23$) โดยนักศึกษาร้อยละ 72 ($n = 18$) มีประสบการณ์ตรงในการจิตยาเข้ากล้ามเนื้อเวโนโทรกลูเตียลแก่ผู้รับบริการจริงในคลินิก และนักศึกษาทุกคนร้อยละ 100 ($n = 25$) มีประสบการณ์ในการใช้หุ่นฝึกจิตยาเข้าทางกล้ามเนื้อสะโพก

คุณลักษณะของหุ่นฝึกจิตยาทางกล้ามเนื้อเวโนโทรกลูเตียลชนิดยางพารา ประกอบไปด้วย 6 ส่วนประกอบหลัก ได้แก่

- 1) โครงสร้างหุ่น: หุ่นกล้ามเนื้อสะโพกทำด้วยยางพาราธรรมชาติ ตั้งแต่โคนขาถึงเอว ที่มีความยืดหยุ่น คล้ายผิวหนังและเนื้อเยื่อมนุษย์ โดยในต้นแบบแรกนี้ ผลิตรุ่นให้สามารถฝึกจิตยาได้เฉพาะสะโพกด้านใดด้านหนึ่ง (ข้างเดียว) และขยับข้อต่อขาไม่ได้ชั่วคราว เพื่อทดสอบเสถียรภาพของระบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- 2) ปุ่มกระดุกเสมือนจริง: ภายในหุ่นฝังวัสดุแข็งจำลองรูปร่างกระดูกเชิงกราน (ilium) และกระดูกต้นขา (femur) ตรงตามกายวิภาคศาสตร์เพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงคลำหาตำแหน่ง
- 3) เส้นเลือดจำลอง: ฝังท่อจำลองเส้นเลือดที่สามารถทดลองดูดซับ (aspiration) เพื่อตรวจสอบการแทงเข็มเข้าเส้นเลือดก่อนฉีดยาจริง และสามารถเติมเลือดจำลองได้ผ่านสายยางเติมเลือดจำลอง
- 4) เส้นประสาทจำลอง: จำลองแนวเส้นประสาทไขอาติก (sciatic nerve) โดยกำหนดพื้นที่เสี่ยงบนแผงวงจร ซึ่งหากแทงเข็มโดนบริเวณดังกล่าวจะเกิดการแจ้งเตือนทันที
- 5) ระบบเซนเซอร์: ประกอบไปด้วย 2 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่งกล้ามเนื้อเวโนโทรกลูเตียล และตำแหน่งเส้นประสาทไขอาติก ถูกควบคุมโดยแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งบรรจุอยู่ในกล่องควบคุมแสดงผลผ่านสัญญาณไฟ LED และเสียงเตือนที่แตกต่างกันผ่านลำโพง โดยไฟสีเขียวหมายถึงตำแหน่งและความลึกถูกต้อง และไฟสีแดงพร้อม

เสียงเตือนหมายถึงไม่ถูกต้อง กล้องควบคุมสามารถชาร์จไฟได้ผ่านช่องเชื่อมต่อสำหรับชาร์จด้านข้าง

6) ระบบระบายน้ำ: ติดตั้งกระเปาะรับน้ำจากการฉีดยาภายในพร้อมสายยางระบายน้ำด้านนอก เพื่อรองรับการฝึกฉีดยาซ้ำได้ต่อเนื่อง

ความเป็นไปได้ในการใช้ต้นแบบหุ่นฝึกฉีดยาทงกล้ามเนื้อเอนโทรกลูเตียลสำหรับการเรียนการสอน โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.44, SD = 0.63$) เมื่อพิจารณาารายด้านพบว่าระดับความเป็นไปได้ด้านโครงสร้างสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ หุ่นมีการออกแบบที่แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์และเป็นนวัตกรรมใหม่ เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การฝึกฉีดยา ($M = 4.67, SD = 0.48$) วัสดุที่ใช้ผลิตหุ่นมีความยืดหยุ่น เหมาะสมกับการฝึกแทงเข็มและสามารถใช้งานได้หลายครั้ง ($M = 4.53, SD = 0.57$) และโครงสร้างของหุ่นถูกต้องตามหลักกายวิภาคของตำแหน่งกล้ามเนื้อ เอนโทรกลูเตียล ($M = 4.43, SD = 0.57$) ในด้านการใช้งานสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ การฝึกด้วยหุ่นช่วยเพิ่มความมั่นใจของผู้ฝึกในการเลือกตำแหน่งและแทงเข็มได้ ($M = 4.70, SD = 0.47$) หุ่นใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อน และมีขั้นตอนการใช้งานที่ชัดเจน ($M = 4.67, SD = 0.48$) และหุ่นสามารถทำความสะอาดและเก็บรักษาได้สะดวก โดยไม่ต้องบีบน้ำออกหลังการใช้งาน ($M = 4.57, SD = 0.50$) หุ่นจำลองมีคุณสมบัติตรงตามความต้องการในการฝึกฉีดยาทงกล้ามเนื้อของผู้เรียนและผู้สอน ($M = 4.57, SD = 0.57$) อย่างไรก็ตามข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดในด้านนี้ คือ ระบบเซนเซอร์ของหุ่นสามารถตรวจจับตำแหน่งและความลึกได้อย่างแม่นยำ ซึ่งอยู่ในระดับมาก ($M = 3.77, SD = 0.97$) (ตาราง 1)

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความเป็นไปได้ในการใช้ต้นแบบหุ่นฝึกฉีดยาทงกล้ามเนื้อเอนโทรกลูเตียลในการเรียนการสอน ($N = 30$)

ข้อที่	ข้อความ	M	SD	ระดับความเป็นไปได้
ด้านโครงสร้าง				
1	หุ่นมีการออกแบบที่แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์และเป็นนวัตกรรมใหม่ เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การฝึกฉีดยา	4.67	0.48	มากที่สุด
2	ชั้นกล้ามเนื้อของหุ่นมีความเหมือนจริงเมื่อเปรียบเทียบกับร่างกายมนุษย์	4.30	0.70	มากที่สุด
3	สีของหุ่นจำลองเหมาะสมและช่วยให้มองเห็นโครงสร้างและตำแหน่งการฉีดยาได้ชัดเจน	4.37	0.61	มากที่สุด
4	วัสดุที่ใช้ผลิตหุ่นมีความยืดหยุ่น เหมาะสมกับการฝึกแทงเข็มและสามารถใช้งานได้หลายครั้ง	4.53	0.57	มากที่สุด
5	โครงสร้างของหุ่นถูกต้องตามหลักกายวิภาคของตำแหน่งกล้ามเนื้อเอนโทรกลูเตียล	4.43	0.57	มากที่สุด
	ความเป็นไปได้อ้างอิงโครงสร้างโดยรวม	4.46	0.59	มากที่สุด
ด้านการใช้งาน				
1	หุ่นจำลองมีคุณสมบัติตรงตามความต้องการในการฝึกฉีดยาทงกล้ามเนื้อของผู้เรียนและผู้สอน	4.57	0.57	มากที่สุด
2	การใช้งานหุ่นมีความปลอดภัย ไม่เสี่ยงต่อการบาดเจ็บจากการฝึก	4.50	0.57	มากที่สุด
3	ผิวสัมผัสของหุ่นมีความยืดหยุ่นและให้ความรู้สึกใกล้เคียงกับการแทงเข็มจริง	4.40	0.67	มากที่สุด
4	ขนาดและน้ำหนักของหุ่นเหมาะสมกับการเคลื่อนย้ายและการฝึกปฏิบัติจริง	4.43	0.73	มากที่สุด
5	การฝึกด้วยหุ่นช่วยเพิ่มความมั่นใจของผู้ฝึกในการเลือกตำแหน่งและแทงเข็มได้ถูกต้อง	4.70	0.47	มากที่สุด
6	หุ่นใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อน และมีขั้นตอนการใช้งานที่ชัดเจน	4.67	0.48	มากที่สุด
7	หุ่นสามารถคงสภาพหลังการฝึกแทงเข็มได้ดีโดยไม่มีรอยร้าวหรือการซีบซีบของเหลว	4.40	0.72	มากที่สุด

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความเป็นไปได้ในการใช้ต้นแบบหุ่นฝึกฉีดยาทางกล้ามเนื้อเวนโทรกลูเตียลในการเรียนการสอน (N = 30) (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความถาม	M	SD	ระดับความเป็นไปได้
8	หุ่นสามารถทำความสะอาดและเก็บรักษาได้สะดวก โดยไม่ต้องบีบน้ำออกหลังการใช้งาน	4.57	0.50	มากที่สุด
9	ระบบเซนเซอร์ของหุ่นสามารถตรวจจับตำแหน่งและความลึกของการฉีดยาได้อย่างแม่นยำ	3.77	0.97	มาก
10	ป้ายแนะนำขั้นตอนการฉีดยาบนหุ่นช่วยให้ผู้ใช้เข้าใจขั้นตอนการฝึกได้ง่าย	4.53	0.57	มากที่สุด
11	เสียงแจ้งเตือนเมื่อฉีดยาตำแหน่งทำงานได้ถูกต้อง และช่วยให้ผู้ฝึกปรับปรุงทักษะได้ทันที	4.23	0.86	มากที่สุด
12	หุ่นมีความทนทานต่อการใช้งานซ้ำ โดยไม่เสียรูปหรือชำรุดง่าย	4.43	0.68	มากที่สุด
	ความเป็นไปได้ด้านโครงสร้างโดยรวม	4.46	0.59	มากที่สุด
	ความเป็นไปได้โดยรวม	4.44	0.63	มากที่สุด

หมายเหตุ: M = Mean, SD = Standard. Deviation

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากข้อเสนอแนะปลายเปิด

จากการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาของข้อเสนอแนะปลายเปิดจากอาจารย์และนักศึกษาพยาบาลสามารถสังเคราะห์ประเด็นสำคัญได้ 6 ประเด็นหลัก (themes) ซึ่งกลุ่มผู้ให้ข้อมูลมีความคิดเห็นสะท้อนไปในทิศทางเดียวกัน ดังนี้

- 1) ระบบเซนเซอร์ ควรพัฒนาระบบเซนเซอร์และแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้มีความแม่นยำในการตรวจจับทิศทางและความเสถียรของสัญญาณเตือนมากยิ่งขึ้น
- 2) ความสมจริงของหุ่น ควรเพิ่มความหนาและสัดส่วนของชั้นกล้ามเนื้อสะโพกจำลอง เพื่อให้สรีระและแรงต้านทานขณะแทงเข็มมีความเหมือนจริงตามธรรมชาติของร่างกายมนุษย์
- 3) ความมั่นคงของหุ่นควรพัฒนาโครงสร้างภายนอกหรือเพิ่มฐานรองรับน้ำหนักเพื่อยึดตัวหุ่นให้มีความมั่นคง ไม่โยกคลอนขณะผู้เรียนลงน้ำหนักมือในการคลำจุดอ้างอิงและแทงเข็ม
- 4) การออกแบบและการใช้งาน การจัดเก็บระบบสายไฟสัญญาณให้มิดชิด ปลอดภัย และใช้งานได้สะดวกในห้องปฏิบัติการ
- 5) การเพิ่มฟังก์ชันของหุ่น เสนอให้มีการพัฒนาชุดคู่มือแนะนำการใช้งานหรือระบบการเรียนรู้ด้วยตนเองที่เชื่อมโยงและสอดคล้องกับฟังก์ชันบนตัวหุ่นต้นแบบให้ชัดเจนขึ้น
- 6) จุดเด่นของหุ่น ต้นแบบหุ่นฯ มีประโยชน์ต่อการเรียนรู้สูง ช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นภาพโครงสร้างกายวิภาคและตำแหน่งการฝึกฉีดยาได้อย่างชัดเจน

การอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัย พบว่า ต้นแบบหุ่นยางพาราสำหรับฝึกฉีดยาทางกล้ามเนื้อเวนโทรกลูเตียล ประกอบด้วย 6 ส่วน ได้แก่ โครงสร้างหุ่นสะโพกยางพาราธรรมชาติ ปุ่มกระตุ้น เส้นเลือดจำลอง แนวเส้นประสาทจำลอง ระบบเซนเซอร์ควบคุม และระบบระบายน้ำ ผลการประเมินความเป็นไปได้ในการนำต้นแบบหุ่นฯ ไปใช้ประโยชน์ในการเรียนการสอนในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด ในมิติด้านโครงสร้าง พบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ 1) หุ่นมีการออกแบบที่แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์และเป็นนวัตกรรมใหม่ที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ 2) วัสดุที่ใช้ผลิตหุ่นมีความยืดหยุ่น เหมาะสมกับการฝึกแทงเข็มและใช้งานได้หลายครั้ง และ 3) โครงสร้างของหุ่นถูกต้องตามหลัก

กายวิภาคของตำแหน่งกล้ามเนื้อเอนโทรกลูเตียล เนื่องจากการเลือกใช้น้ำยางพาราธรรมชาติมาเป็นวัสดุหลักในการหล่อผิวหนังและชั้นกล้ามเนื้อสะโพก ซึ่งมีความยืดหยุ่นสูง (elasticity) สามารถขึ้นรูปได้ตามหลักสรีระ มีความทนทานต่อแรงดึงและแรงฉีกขาดจากการแทงเข็มซ้ำ ๆ สะท้อนว่าคุณสมบัติของวัสดุและการออกแบบโครงสร้างของหุ่นมีส่วนช่วยสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ด้านกายวิภาคกับการปฏิบัติทักษะได้อย่างเป็นรูปธรรม รวมทั้งเปิดโอกาสให้ฝึกซ้ำจนเกิดความมั่นใจและความชำนาญก่อนปฏิบัติกับผู้ป่วยจริงสอดคล้องกับการให้ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง ที่ระบุว่าต้นแบบหุ่นฯ ช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นภาพตำแหน่งและสรีระการฝึกฉีดยาได้อย่างชัดเจน ภายหลังการฝึกปฏิบัติซ้ำก็ไม่ปรากฏรอยเข็มหรือความเสียหายที่เด่นชัดบนตัวหุ่นต้นแบบ สอดคล้องกับการศึกษาของ Laowprachawit, et al.¹⁰ ทำการพัฒนานวัตกรรมแผ่นจำลองการฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อ โดยใช้ยางพาราธรรมชาติ พบว่า แผ่นจำลองฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อลักษณะพื้นผิวของชั้นผิวหนังปกติที่เข้มได้ง่าย รองรับการทำหัตถการซ้ำในปริมาณมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการประเมินระดับประสิทธิผลที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ผลิตแผ่นจำลอง อยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.63$, $SD = 0.63$) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Wongsaree, et al.¹⁹ ประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจต่อหน้าห้องจำลองยางพาราสำหรับฝึกฉีดยาใต้ชั้นผิวหนังของนักศึกษาและอาจารย์พยาบาล พบว่าชั้นงานมีความทนทานสำหรับการฝึกปฏิบัติ โดยกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพในมิติการใช้งานด้านความทนทานของชิ้นงานอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งในกลุ่มนักศึกษาพยาบาล ($M = 4.50$, $SD = 0.70$) และกลุ่มอาจารย์พยาบาล ($M = 4.42$, $SD = 0.70$) ตามลำดับ นอกจากนี้โครงสร้างภายในของหุ่นยังออกแบบให้มีปุ่มกระดูกอ้างอิงที่ชัดเจนตามหลักกายวิภาคศาสตร์ ทำให้นักศึกษาสามารถฝึกคลำหาตำแหน่งพื้นที่สามเหลี่ยมเอนโทรกลูเตียลที่ถูกต้องได้เสมือนจริง สอดคล้องกับการศึกษาของ Naebpetch and Kumkong²⁰ พัฒนาโมเดลฝึกทักษะการเจาะเลือดและให้สารน้ำทางหลอดเลือดดำผลิตจากยางธรรมชาติ และมีการจำลองเส้นเลือดตามกายวิภาคศาสตร์ ช่วยให้นักศึกษาสามารถเชื่อมโยงโครงสร้างสรีระจำลองที่ซับซ้อนไปสู่ความแม่นยำในการคลำตำแหน่งและแทงเข็มได้อย่างถูกต้องก่อนขึ้นฝึกปฏิบัติงานในสถานการณ์คลินิกจริง และการศึกษาของ Kim et al.¹⁴ ที่เน้นย้ำความสำคัญของการพัฒนาระบบฝึกปฏิบัติทักษะทางการพยาบาลบนโมเดลแบบจำลองสรีระทางกายวิภาคศาสตร์สามมิติ ช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นภาพพื้นที่ตำแหน่งอ้างอิงได้อย่างเป็นรูปธรรม ส่งผลต่อการกระตุ้นประสาทสัมผัสและการตัดสินใจระบุตำแหน่งทำหัตถการฉีดยาได้อย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตาม ต้นแบบหุ่นฯ ควรเพิ่มความหนาและสัดส่วนของชั้นกล้ามเนื้อสะโพกจำลองเพื่อให้มีแรงต้านทานขณะแทงเข็มเสมือนจริง รวมทั้งฐานรองรับน้ำหนักเพื่อยึดตัวหุ่นให้มีความมั่นคง ไม่โยกคลอนขณะผู้เรียนลงน้ำหนักมือกดคลำจุดอ้างอิงทางกายวิภาค

มิติการใช้งาน พบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ 1) การฝึกด้วยหุ่นช่วยเพิ่มความมั่นใจของผู้ฝึกในการเลือกตำแหน่งและแทงเข็มได้ถูกต้อง 2) หุ่นใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อน และมีขั้นตอนการใช้งานที่ชัดเจน และ 3) หุ่นสามารถทำความสะอาดและเก็บรักษาได้สะดวกโดยไม่ต้องบีบน้ำออกหลังการใช้งาน สะท้อนว่าการออกแบบหุ่นที่ใช้งานง่าย ควบคู่กับการให้ข้อมูลป้อนกลับ (feedback) อย่างทันท่วงที ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ ทำให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบความถูกต้องของการปฏิบัติ ปรับแก้ข้อผิดพลาดได้ทันทีและเกิดความมั่นใจในการฝึกทักษะผ่านการฝึกซ้ำในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยก่อนปฏิบัติกับผู้ป่วยจริง สอดคล้องกับการให้ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่ระบุว่าระบบสัญญาณไฟ LED และเสียงเตือนของต้นแบบหุ่นฯ ช่วยให้ผู้เรียนรับรู้ความถูกต้องและข้อผิดพลาดของตำแหน่งและทิศทางการแทงเข็มได้ทันที ซึ่งกระบวนการดังกล่าวทำหน้าที่เป็นการชี้แนะการตอบสนองภายใต้สิ่งเร้าและสถานการณ์จำลองตามกรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้ด้วยสถานการณ์จำลอง¹⁵ ที่เน้นการให้ข้อมูลป้อนกลับอย่างทันท่วงทีเพื่อส่งเสริมผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียน และต้นแบบหุ่นฯ ได้รับการออกแบบให้ทำความสะอาดและเก็บรักษาได้ง่ายโดยไม่ต้องบีบน้ำออก จึงเพิ่มความสะดวกและเอื้ออำนวยให้นักศึกษาสามารถเข้าถึงการฝึกฝนหัตถการซ้ำ ๆ ส่งเสริมเจตคติเชิงบวกต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียน²¹

อย่างไรก็ตาม คณะนักวิจัยด้านการใช้งาน คือ ระบบเซนเซอร์ของหุ่นสามารถตรวจจับตำแหน่ง

และความลึกได้อย่างแม่นยำ ซึ่งอยู่ในระดับมาก ($M = 3.77$, $SD = 0.97$) อาจเกิดจากความไม่เสถียรของระบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของต้นแบบหุ่นฯ จึงยังจิตยาได้เฉพาะสะโพกด้านใดด้านหนึ่ง และขยับข้อต่อขาไม่ได้ชั่วคราว จากการให้ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างพบว่าระบบเซนเซอร์ในหุ่นต้นแบบแรกยังมีความไวต่อแรงกดสัมผัส (sensitivity) สูงเกินไป เมื่อลงน้ำหนักมือกดบนตัวหุ่นเพื่อคลำหาปุ่มกระดูกอ้างอิงทางกายวิภาคก่อนการจิตยา ระบบเซนเซอร์จะจับสัญญาณแรงกดสัมผัสและส่งสัญญาณเสียงเตือนหรือไฟกะพริบแจ้งเตือน ทั้งที่ยังไม่ได้แทงเข็มผ่านผิวหนัง ซึ่งเป็นผลบวกปลอม (false positive) รบกวนสมาธิของผู้ฝึกปฏิบัติ สอดคล้องกับการศึกษา Vasaroangrong, et al.⁹ พัฒนาหุ่นจำลองฝึกทักษะการจิตยาเข้าชั้นกล้ามเนื้อสะโพกที่มีการติดตั้งระบบเซนเซอร์ตรวจจับเข็มแบบโลหะพร้อมส่วนประมวลผลอิเล็กทรอนิกส์ แม้ภาพรวมประสิทธิผลของหุ่นจะอยู่ในระดับสูง ($M = 4.37$, $SD = 0.38$) แต่ในมิติย่อยด้านความแม่นยำของสัญญาณเตือน มีค่าเฉลี่ยคะแนนอยู่ในระดับมาก ($M = 4.17$, $SD = 0.99$) ซึ่งเป็นส่วนที่ทีมผู้วิจัยจะนำไปพัฒนาในส่วนถัดไป

ในปัจจุบันพบว่ามีการใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการใช้ฝึกทักษะเช่นการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง (virtual reality: VR) หรือการเรียนรู้โดยใช้วิดีโอเป็นฐาน (video-based learning) เพื่อให้เห็นภาพเสมือนจริงในการฝึกปฏิบัติการสามารถช่วยส่งเสริมการจดจำขั้นตอนการปฏิบัติทักษะการพยาบาล ช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ดีกว่าการสอนแบบดั้งเดิม แต่ยังมีข้อจำกัดสำคัญคือการขาดการตอบสนองเชิงสัมผัส ส่งผลให้ผู้เรียนไม่ได้สัมผัสกับพื้นผิวที่สมจริงและแรงต้านสัมผัสของเนื้อเยื่อในขณะปฏิบัติ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อความมั่นใจและการนำไปใช้ในสถานการณ์จริง²²⁻²⁵ ดังนั้นการพัฒนาหุ่นยางพาราสำหรับฝึกจิตยาทางกล้ามเนื้อเวโนโทรกลูเตียล สามารถพัฒนาทักษะทางด้านหัตถการ (psychomotor skills) สำหรับนักศึกษาพยาบาลให้ประสบการณ์ใกล้เคียงความเป็นจริง ทั้งในด้านลักษณะทางกายวิภาคและการตอบสนองต่อการแทงเข็ม ทั้งนี้ต้องมีการปรับปรุงความหนา กล้ามเนื้อ ความไวของเซนเซอร์ที่เกิดผลบวกปลอมขณะคลำหาตำแหน่ง และระบบข้อต่อขาที่ยังไม่สมบูรณ์ เพื่อให้เป็นสื่อการเรียนการสอนที่เอื้อให้นักศึกษาพยาบาลเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ข้อจำกัดทางการศึกษา

1. การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษานำร่อง (pilot study) ที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กและคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจงจากสถาบันการศึกษาเพียงแห่งเดียว จึงอาจมีข้อจำกัดในการอ้างอิงผลไปยังบริบทอื่น
2. ประชากรที่ใช้ทดลองประกอบด้วยอาจารย์และนักศึกษาพยาบาลซึ่งมีประสบการณ์แตกต่างกัน แต่ผลการศึกษาไม่ได้วิเคราะห์แยกตามกลุ่มผู้ใช้ จึงไม่สามารถเปรียบเทียบความคิดเห็นระหว่างผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้ระดับเริ่มต้นได้
3. การประเมินผลอาศัยความคิดเห็นของผู้ใช้เป็นหลัก ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงอัตวิสัย (subjective outcomes) และอาจได้รับอิทธิพลจากอคติในการตอบแบบสอบถาม (response bias)
4. คะแนนการประเมินส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูงและมีการกระจายของข้อมูลต่ำ ซึ่งอาจสะท้อนปรากฏการณ์คะแนนสูงสุด (ceiling effect) ส่งผลให้เครื่องมือมีข้อจำกัดในการจำแนกความแตกต่างของความคิดเห็นผู้ตอบ
5. การทดลองใช้เป็นการประเมินในระยะสั้น จึงยังไม่สามารถยืนยันประสิทธิภาพของหุ่นในด้านความคงทนของวัสดุ ความแม่นยำของระบบเซนเซอร์ และการใช้งานซ้ำในระยะยาวได้
6. การศึกษาครั้งนี้ยังไม่ได้ประเมินผลลัพธ์ด้านการเรียนรู้หรือทักษะทางคลินิกโดยตรง เช่น ความถูกต้องในการระบุตำแหน่งจิตยา คะแนนการปฏิบัติ หรือการเปรียบเทียบกับหุ่นมาตรฐาน จึงควรมีการศึกษาต่อยอดเพื่อยืนยันประสิทธิผลของนวัตกรรม

สรุป

ต้นแบบหุ่นฯ เป็นนวัตกรรมที่มีความเป็นไปได้ในการนำไปพัฒนาต่อยอด โดยผลการประเมินความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ประโยชน์ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด อย่างไรก็ตามการศึกษาในระยะเริ่มต้นนี้ยังไม่ได้วัดประสิทธิผลต่อทักษะการปฏิบัติจริง อีกทั้งยังมีจุดที่ต้องพัฒนาต่อยอด เรื่องความแม่นยำของระบบเซนเซอร์ สัดส่วน

ความหนาของชั้นกล้ามเนื้อ ความมั่นคงของฐานรองรับ และข้อจำกัดที่ยังปฏิบัติหัตถการได้เพียงด้านเดียว

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ควรนำต้นแบบหุ่นฯ ไปทดลองใช้ในวงจำกัดหรือบูรณาการในลักษณะนวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เสริมร่วมกับการสอนสาธิตและกระบวนการสะท้อนคิดในรายวิชาทักษะปฏิบัติการพยาบาล ตลอดจนจัดสรรไว้ในห้องปฏิบัติการเพื่อให้ผู้เรียนได้ทดลองฝึกฝนด้วยตนเองก่อนในกลุ่มเล็ก ทั้งนี้ควรติดตามเก็บข้อมูลการใช้งานอย่างใกล้ชิดก่อนพิจารณานำไปใช้อย่างเต็มรูปแบบในวงกว้าง

ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาต้นแบบและการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรพัฒนาระบบเซนเซอร์และซอฟต์แวร์ประมวลผลให้มีความแม่นยำเพื่อลดการเกิดผลบวกปลอมขณะคลำหาตำแหน่ง เพิ่มความหนาของชั้นกล้ามเนื้อให้ใกล้เคียงสรีระจริง ปรับปรุงโครงสร้างฐานรองรับให้มั่นคง และพัฒนาชุดข้อต่อขาเพื่อให้สามารถจัดทำผู้ป่วยในการฝึกหัตถการได้อย่างสมบูรณ์ในต้นแบบรุ่นถัดไป (prototype II)
2. ควรปรับระเบียบวิธีวิจัยเป็นเชิงทดลอง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ต่อทักษะการปฏิบัติงานจริงและความมั่นใจของผู้เรียน โดยขยายกลุ่มตัวอย่างไปยังนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 2 ที่ยังไม่มีประสบการณ์ฝึกปฏิบัติการพยาบาลบนคลินิกในหลากหลายสถาบัน

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความ

นักวิจัยทุกคนมีส่วนร่วมในการทำวิจัยทุกขั้นตอน รวมถึงการเขียนและแก้ไขบทความวิจัย

การมีผลประโยชน์ทับซ้อน

ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

แหล่งทุนสนับสนุน

ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินกองทุนวิจัย คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผศ.ดร.จันทรา พรหมน้อย ขอบคุณ ผศ.ดร.เกสร พรหมเหล็ก ที่ช่วยให้ข้อเสนอแนะและความช่วยเหลือตลอดการทำโครงการ ขอขอบคุณสมาชิกทีมผู้ผลิตหุ่น ว่าที่ร.ต.ทศพล มาตรา และคุณศิริวรรณ แก่นแก้ว ขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย และขอบคุณผู้ให้ข้อมูลทุกท่านมีส่วนร่วมให้การดำเนินการวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Meepan A, Sawangchit S, Permpoon P, et al. Fundamental of Nursing. 4th ed. Bangkok: Thaiphum Publishing; 2024. Thai.
2. Roldán-Chicano MT, Rodríguez-Tello J, Cebrián-López R, et al. Adverse effects of dorsogluteal intramuscular injection versus ventrogluteal intramuscular injection: a systematic review and meta-analysis. Nurs Open. 2023; 10(9): 5975-88. doi:10.1002/nop2.1902.
3. Arslan GG, Özden D. Creating a change in the use of ventrogluteal site for intramuscular injection. Patient Prefer Adherence. 2018; 12: 1749-56. doi:10.2147/PPA.S168885.

4. Nair MA, Muthu P, Abuijlan IAM. The effectiveness of high-fidelity simulation on clinical competence among nursing students. *SAGE Open Nurs.* 2024; 10: 23779608241249357. doi:10.1177/23779608241249357.
5. Uğur E, Çelik HY, Karabacak Ü. Effectiveness of a home-based simulation kit on nursing students' intramuscular injection performance and self-efficacy: a quasi-experimental study. *Nurse Educ Pract.* 2025; 89: 104637. doi:10.1016/j.nepr.2025.104637.
6. Rujiwatthanakorn D, Prapaipanich W, Phaiboon S. The development of an interactive deltoid intramuscular injection simulator and its effectiveness. *Nurs Res Innov J.* 2025; 31(1): 136-51. doi:10.63647/nrij.v31i1.271725. Thai.
7. 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.
8. 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.
9. Vasaroangrong T, Singhatanadgid W, Chitsakul K, et al. Development of a training manikin for intramuscular injection into the gluteal muscle. *Nurs Res Innov J.* 2025; 31(2). doi:10.63647/nrij.v31i1.272043. Thai.
10. Laowprachawit K, Prommune J, Aitsaro C, et al. The development of an intramuscular injection simulation pad innovation. *Princess Naradhiwas Univ J.* 2025; 17(2): 62-80. Thai.
11. Amornpiyaphakorn A, Naebpetch W, Photaworn P. Development of natural rubber-based simulators for normal labor and realistic placental delivery training. *Princess Naradhiwas Univ J.* 2026; 18(2): 143-164. Thai.
12. Chaleawsak N, Sumanatrakul P. Development of a natural latex foam simulation model for nursing students' injection skills. *J. Med. Technol. Allied Health Sci.* 2026; 2(1): e2937. Thai.
13. Ampa S, Prommul J, Chainin V, et al. Development of an innovative natural rubber infant manikin for suction skill practice. *J Health Sci Pedagogy.* 2026; 6(1): e277514. Thai.
14. Kim SK, Lee Y, Hwang HR, et al. 3D human anatomy augmentation over a mannequin for the training of nursing skills. *Technol Health Care.* 2024; 32(3): 1523-33. doi:10.3233/THC-230586.
15. Duangchan C, Kaewyoo R, Pandee P. Learning management using a simulated patient in simulation-based learning: Teaching health assessment skills. *J Prachomklao Coll Nurs.* 2022; 5(3): 11-23. Thai.
16. Santhuenkaew T, Sommaneeoung S, Bunlertpornpisut R. The synthesis of computer practice skills instruction from the concepts of teaching the practical skills of Davies, Harrow and Simpson. *EAU Herit J Soc Sci Humanit.* 2020; 10(1): 40-50. Thai.
17. Bujang MA, Omar ED, Foo DHP, et al. Sample size determination for conducting a pilot study to assess reliability of a questionnaire. *Restor Dent Endod.* 2024; 49(1): e3. doi:10.5395/rde.2024.49.e3.
18. Ponganusorn K, Srisawang J, Jittitaworn W, et al. Nursing lecturer's satisfaction with the use of rubber manikins for venipuncture and peripheral intravenous cannulation practice. *J Res Nurs-Midwifery Health Sci.* 2024; 44(2): 53-62. Thai.

19. Wongsaree C, Attaworakun S, Tupanich W, et al. Efficacy and satisfaction of the rubber training models for subcutaneous Injection training in nursing students and nursing instructors in ten nursing network institutes. *J Educ Innov Res.* 2024; 8(4): 2236–51. Thai.
20. Naebpetch W, Kumkong M. Development of a model for practicing venipuncture and intravenous fluid administration. *J Med Health Sci.* 2024; 31(3): 120–35. Thai.
21. Román-Sánchez D, De-La-Fuente-Rodríguez JM, Paramio A, et al. Evaluating satisfaction with teaching innovation, its relationship to academic performance and the application of a video-based microlearning. *Nurs Open.* 2023; 10(9): 6067–77. doi:10.1002/nop2.1828.
22. Lin MY, Huang MZ, Lai PC. Effect of virtual reality training on clinical skills of nursing students: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nurse Educ Pract.* 2024; 81: 104182. doi:10.1016/j.nepr.2024.104182.
23. Doğan S. The effect of ventrogluteal injection training provided with virtual reality technology on knowledge, skill, motivation, and anxiety levels of student: a randomized controlled trial. *ClinicalTrials.gov* [Internet]. 2022 [cited 2026 May 3]. Available from: <https://clinicaltrials.gov/study/NCT05623436>
24. Terzi B, Darıcı S. The effect of ventrogluteal intramuscular injection training with animated video containing subliminal messages: a randomized controlled study. *J. Nurs. Effect.* 2023; 16(3): 304-316. doi:10.46483/jnef.1327436.
25. Reena M, Trapsinsaree D, Somkird J, et al. Nursing students' satisfaction with the use of simulation manikins for venipuncture and peripheral intravenous cannulation practice in networked nursing institutions. *Nurs J CMU.* 2024; 51(3): 278–86. Thai.